

UNIVERSITÉ DE MONTRÉAL

ÉLABORATION DE PARCOURS D'INFIRMIÈRES

POUR LE MAINTIEN À DOMICILE

MONIA LAHIANI

DÉPARTEMENT DE MATHÉMATIQUES ET DE GÉNIE INDUSTRIEL

ÉCOLE POLYTECHNIQUE DE MONTRÉAL

MÉMOIRE PRÉSENTÉ EN VUE DE L'OBTENTION

DU DIPLÔME DE MAÎTRISE ÈS SCIENCES APPLIQUÉES

(GÉNIE INDUSTRIEL)

DÉCEMBRE 2007



Library and
Archives Canada

Bibliothèque et
Archives Canada

Published Heritage
Branch

Direction du
Patrimoine de l'édition

395 Wellington Street
Ottawa ON K1A 0N4
Canada

395, rue Wellington
Ottawa ON K1A 0N4
Canada

Your file Votre référence

ISBN: 978-0-494-36920-3

Our file Notre référence

ISBN: 978-0-494-36920-3

NOTICE:

The author has granted a non-exclusive license allowing Library and Archives Canada to reproduce, publish, archive, preserve, conserve, communicate to the public by telecommunication or on the Internet, loan, distribute and sell theses worldwide, for commercial or non-commercial purposes, in microform, paper, electronic and/or any other formats.

The author retains copyright ownership and moral rights in this thesis. Neither the thesis nor substantial extracts from it may be printed or otherwise reproduced without the author's permission.

AVIS:

L'auteur a accordé une licence non exclusive permettant à la Bibliothèque et Archives Canada de reproduire, publier, archiver, sauvegarder, conserver, transmettre au public par télécommunication ou par l'Internet, prêter, distribuer et vendre des thèses partout dans le monde, à des fins commerciales ou autres, sur support microforme, papier, électronique et/ou autres formats.

L'auteur conserve la propriété du droit d'auteur et des droits moraux qui protègent cette thèse. Ni la thèse ni des extraits substantiels de celle-ci ne doivent être imprimés ou autrement reproduits sans son autorisation.

In compliance with the Canadian Privacy Act some supporting forms may have been removed from this thesis.

Conformément à la loi canadienne sur la protection de la vie privée, quelques formulaires secondaires ont été enlevés de cette thèse.

While these forms may be included in the document page count, their removal does not represent any loss of content from the thesis.

Bien que ces formulaires aient inclus dans la pagination, il n'y aura aucun contenu manquant.

UNIVERSITÉ DE MONTRÉAL
ÉCOLE POLYTECHNIQUE DE MONTRÉAL

Ce mémoire intitulé :

ÉLABORATION DE PARCOURS D'INFIRMIÈRES
POUR LE MAINTIEN À DOMICILE

présenté par : LAHIANI, Monia

en vue de l'obtention du diplôme de : Maîtrise ès sciences appliquées

a été dûment accepté par le jury d'examen constitué de :

M. FRAYRET, Jean-Marc, Ph.D., président

M. TRÉPANIER, Martin, ing., Ph.D., directeur de recherche

M. AGARD, Bruno, Doctorat, membre

À la mémoire de ma chère grand-mère Sania Ben Ayed

À la mémoire de mon cher oncle Sadok Lahiani

REMERCIEMENTS

Je tiens d'abord à remercier, tout particulièrement, mon directeur de recherche, M. Martin Trépanier pour les nombreux conseils qu'il m'a prodigués et les pistes de recherche vers lesquelles il m'a dirigée. Sa collaboration et sa disponibilité ont grandement contribué à l'avancement de ma recherche.

J'aimerais également remercier le CLSC Côte-des-Neiges et son personnel pour m'avoir si bien accueillie.

En outre, je désire exprimer ma gratitude envers ma famille et mes amis qui m'ont assistée tout au long de mes études. La réalisation du présent ouvrage n'aurait été possible sans la précieuse collaboration et l'inestimable soutien de mon époux et de mes parents.

Je souhaite finalement faire part de ma reconnaissance envers mon directeur de recherche et le CLSC Côte-des-Neiges pour leur soutien financier.

RÉSUMÉ

La confection des tournées et des horaires de travail pour les travailleurs itinérants a longtemps fasciné la communauté mathématique pour la complexité et la diversité des problèmes qui s'y rattachent. Les infirmières des services de Maintien À Domicile (MAD) au CLSC Côte-des-Neiges forment un bon exemple de ces travailleurs itinérants. En effet, elles doivent se déplacer quotidiennement aux domiciles des bénéficiaires pour leur prodiguer les soins nécessaires. Quelque soit la profession exercée, le problème que pose ces travailleurs itinérants est le même : comment optimiser les routes d'une flotte de véhicules afin de visiter le plus grand nombre de clients tout en minimisant le temps de parcours. Outre la minimisation de la distance parcourue, un autre objectif propre au contexte du MAD se dégage, à savoir le balancement de la charge de travail entre les infirmières.

Résoudre le problème de MAD revient à résoudre un Problème de Tournées de Véhicules (PTV). Notons que lorsque l'aspect temporel est pris en compte, comme c'est le cas pour le problème de MAD, ce type de problème est appelé dans la littérature Problème de Tournées de Véhicules avec Fenêtres de Temps (PTVFT). Il a été prouvé que le PTVFT est un problème NP-difficile, et que trouver une solution réalisable à un PTVFT constitue un problème NP-complet. La complexité et la difficulté de ce type de problème amène au développement et au choix d'une approche de résolution heuristique pour le problème de MAD.

Le développement de modèles adaptés aux besoins du CLSC Côte-des-Neiges passe nécessairement par l'analyse de l'organisation des services de MAD et des déplacements du personnel infirmier. Pour cette fin, nous avons développé un Système d'Information (SI) permettant de recueillir de nombreuses informations stratégiques propres aux services de MAD. Ce SI intégrera

également les algorithmes de confection des tournées du personnel infirmier. Comme il a été cité précédemment, ces heuristiques doivent minimiser le temps de déplacement des infirmières, tout en équilibrant la charge de travail entre elles. Dans la littérature, plusieurs travaux ont porté sur le balancement de la charge de travail. Toutefois, la majorité des chercheurs balancent la charge de travail en fonction de la durée de traitement ou du temps de service. Pourtant, en analysant le contexte du MAD, nous remarquons que plusieurs facteurs rentrent en jeu pour le calcul de la charge de travail; le temps de parcours ou encore le nombre de cas lourds ne sont que quelques exemples de ces critères. Jusqu'ici, nous ne sommes conscients d'aucune étude ayant porté sur le balancement de la charge de travail en considérant plusieurs indicateurs.

Le but premier de ce mémoire est de réaliser une analyse comparative des huit heuristiques de confection de parcours d'infirmières. La comparaison de ces méthodes est faite par le biais de 18 indicateurs qui évaluent essentiellement le niveau de balancement de la charge de travail.

Les résultats obtenus suite à l'application de ces heuristiques démontrent la supériorité des algorithmes qui tiennent compte du balancement de la charge de travail entre les infirmières par rapport à ceux qui n'en tiennent pas compte. Toutefois, nous constatons que ces derniers s'améliorent au fur et à mesure que le nombre de RV augmente et ce, pour la majorité des indicateurs. Par ailleurs, nous remarquons que les meilleurs résultats sont majoritairement donnés par les algorithmes qui assignent les RV selon le temps de service le plus petit, à savoir les heuristiques 1 et 4. Ces méthodes de résolution donnent des résultats très proches, pour la plupart des indicateurs à l'étude. Notons que pour les petites et moyennes instances, l'algorithme 1 qui regroupe les rendez-vous selon les périodes, donne de meilleurs résultats que l'heuristique 4, qui ne les regroupe pas. Pour les grandes instances, c'est la situation inverse qui est présente.

ABSTRACT

Designing rosters and building routes for travelling workers has long fascinated the mathematical community for the complexity and diversity of the problems related to them. Nurses of Home Health Care (HHC) in CLSC Côte-des-Neiges are good examples of these itinerant workers. Indeed, they have to travel daily to the homes of patients to provide them with the care they need. Whatever the occupation, the problem of these itinerant workers is the same: how to optimize routes of a fleet of vehicles in order to visit the greatest number of customers while minimizing travel time. In addition to minimizing the distance traveled, another objective related to the context of HHC emerges; balancing of workload among nurses.

Solving HHC problem consists to solve a Vehicle Routing Problem (VRP). Note that when the temporal aspect is taken into account, as is the case of HHC, this type of problem is called in the literature Vehicle Routing Problem with Time windows (VRPTW). It has been proved that the PTVFT is an NP-hard problem, and that finding a feasible solution to a PTVFT is a NP-complete problem. The complexity and difficulty of this kind of problem leads to the development and selection of a heuristic approach to the problem of HHC.

The development of appropriate models requires analysis of the organization of HHC services and nurses travel. Thus, we have developed an information system (IS) to collect strategic information related to the HHC services. The IS incorporates also nurses scheduling and routing algorithms.

As we mentioned earlier, these heuristics must minimize nurses' travel time, while balancing the workload between them. In literature, a number of studies have focused on the balance of workloads. However, the majority of researchers balance the workload according to the treatment duration or the service time.

However, by analyzing the context of HHC, we note that several factors come into play in the calculation of the workload; the traveling time or the number of heavy patients are only a few examples of these criteria. So far, we are aware of no studies that have focused on balancing the workload considering several indicators.

The primary goal of this thesis is to conduct a comparative analysis of the eight scheduling and routing algorithms. The comparison of these methods is made through 18 indicators that measure the level of workload balancing.

The simulation results show the superiority of algorithms that take into account the balancing of workloads among nurses compared with those who ignore it. However, we find that they are improving as the number of customers increases and for the majority of indicators. Furthermore, we note that the best results are mainly provided by the algorithms that assign the customers depending on the of the smallest service time, namely heuristics 1 and 4. These methods gave very similar results for most indicators in the study. It should be noted that for small and medium instances, the algorithm 1 that groups the customers depending on their period, gives better results than the heuristic 4, which does not include. For large instances, the opposite applies.

TABLE DES MATIÈRES

DÉDICACE	iv
REMERCIEMENTS	v
RÉSUMÉ	vi
ABSTRACT	viii
TABLE DES MATIÈRES	x
LISTE DES TABLEAUX	xiv
LISTE DES FIGURES	xvi
LISTE DES SIGLES ET ABRÉVIATIONS	xvii
LISTE DES ANNEXES	xviii
INTRODUCTION	1
1.1 Contexte actuel.....	5
1.1.1 Le CLSC Côte-des-Neiges.....	5
1.1.2 L'équipe de MAD	7
1.1.3 Le service de MAD.....	10
1.1.4 Le système d'information	11

1.2 Description du problème de MAD.....	12
CHAPITRE 2 – REVUE DE LA LITTÉRATURE	15
2.1 Problème de tournées de véhicules	15
2.1.1 Problème de tournées de véhicules avec fenêtres de temps.....	16
2.1.2 Problème de tournées de véhicules avec fenêtres de temps en santé	19
2.1.3 Problème de tournées de véhicules avec balancement de route...	20
2.2 Le maintien à domicile au Québec	22
2.2.1 Définition et description des services de MAD	23
2.2.2 Émergence des services de MAD au Québec	25
2.2.3 Évolution des services de MAD au Québec	27
2.2.4 Problématiques du MAD au Québec.....	30
2.3 Les systèmes d'information en santé	33
2.3.1 Émergence des systèmes d'information en santé.....	33
2.3.2 Classification des systèmes d'information en santé.....	36
2.3.3 Bilan de l'informatisation du réseau sociosanitaire québécois	38
CHAPITRE 3 – MODÉLISATION ET MÉTHODES DE RÉOLUTION	43
3.1 Modélisation du problème de MAD.....	43
3.1.1 Définition des paramètres du problème de MAD	44

3.1.2 Formulation mathématique du Problème de MAD	48
3.2 Indicateurs de performance	51
3.2.1 Indicateurs de respect de la fonction objectif du problème	52
3.2.2 Indicateurs de respect des contraintes restrictives du problème....	58
3.2.3 Indicateurs de respect des contraintes flexibles du problème.....	62
3.2.4 Retour sur les indicateurs	66
3.3 Méthodes de résolution	67
3.3.1 Méthode de résolution 1.....	68
3.3.2 Méthode de résolution 2.....	72
3.3.3 Méthode de résolution 3.....	73
3.3.4 Méthode de résolution 4.....	75
3.3.5 Méthode de résolution 5.....	75
3.3.6 Méthode de résolution 6.....	75
3.3.7 Méthode de résolution 7.....	76
3.3.8 Méthode de résolution 8.....	76
3.3.9 Retour sur les méthodes de résolution.....	77
CHAPITRE 4 – EXPÉRIMENTATIONS ET RÉSULTATS	78
4.1 Diagnostic actuel des processus d'affaires et problématiques	79

4.1.1 Prise de rendez-vous	79
4.1.2 Création des routes des infirmières	81
4.2 Conception du nouveau processus d'affaires	84
4.2.1 Prise de rendez-vous	86
4.2.2 Création des routes des infirmières	87
4.3 Conception et perfectionnement du système d'information	88
4.3.1 Prise de rendez-vous	88
4.3.2 Création des routes des infirmières	91
4.4 Choix des instances de simulation	93
4.5 Présentation des résultats	98
4.6 Analyse détaillée des résultats	105
4.6.1 Étude de la performance des algorithmes selon chaque groupe de clients.....	106
4.6.2 Étude de la distribution des indicateurs.....	111
CONCLUSION.....	129
RÉFÉRENCES.....	133
ANNEXES	143

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1.1 Nature des services rendus aux usagers.....	8
Tableau 2.1 Bilan de l'informatisation du réseau sociosanitaire québécois.....	40
Tableau 3.1 Indicateurs de performance	67
Tableau 3.2 Heuristiques de résolution du problème de MAD	77
Tableau 4.1 Performance relative des divers algorithmes.....	100
Tableau 4.2 Écart des indicateurs par rapport aux valeurs optimales en %....	103
Tableau 4.3 Performance relative des algorithmes (instances de 20 clients) ..	106
Tableau 4.4 Performance relative des algorithmes (instances de 35 clients) ..	108
Tableau 4.5 Performance relative des algorithmes (instances de 50 clients) ..	109
Tableau 4.6 Moyennes des indicateurs pour les instances de 20 clients	113
Tableau 4.7 Moyennes de l'indicateur 1	115
Tableau B.1 Intrants relatifs aux infirmières	147
Tableau B.2 Nombre de RV pour chaque proportion de secteurs	148
Tableau B.3 Nombre de RV pour chaque proportion de périodes.....	148
Tableau B.4 Nombre de RV pour chaque proportion de durées de traitement	148
Tableau B.5 Nombre de RV pour chaque type de traitement	149
Tableau B.6 Nombre de RV pour chaque langue parlée	149

Tableau B.7 Intrants des secteurs	150
Tableau B.8 Combinaisons des proportions.....	152
Tableau C.1 Moyennes des indicateurs pour les instances de 35 clients.....	154
Tableau C.2 Moyennes des indicateurs pour les instances de 50 clients.....	156
Tableau C.3 Moyennes de l'indicateur 2	158
Tableau C.4 Moyennes de l'indicateur 3	159
Tableau C.5 Moyennes de l'indicateur 4	160
Tableau C.6 Moyennes de l'indicateur 5	161
Tableau C.7 Moyennes de l'indicateur 6	162
Tableau C.8 Moyennes de l'indicateur 7	163
Tableau C.9 Moyennes de l'indicateur 10	164
Tableau C.10 Moyennes de l'indicateur 12	165
Tableau C.11 Moyennes de l'indicateur 13	166
Tableau C.12 Moyennes de l'indicateur 14	167
Tableau C.13 Moyennes de l'indicateur 15	168
Tableau C.14 Moyennes de l'indicateur 16	169
Tableau C.15 Moyennes de l'indicateur 17	170
Tableau C.16 Moyennes de l'indicateur 18	171

LISTE DES FIGURES

Figure 0.1 Démarche méthodologique	4
Figure 1.1 Territoire du CLSC Côte-des-Neiges.....	7
Figure 1.2 Découpage territorial du CLSC Côte-des-Neiges.....	9
Figure 3.1 Formulation mathématique du problème de MAD	49
Figure 4.1 Liste des RV de la journée	81
Figure 4.2 Routes bâties	83
Figure 4.3 Nouveau processus d'affaires et interaction entre les activités	85
Figure 4.4 Interaction entre les éléments de la prise de rendez-vous	86
Figure 4.5 Interaction entre les éléments de la création des routes	87
Figure 4.6 Dossier patient (nouveau SI)	89
Figure 4.7 Liste filtrée des patients (nouveau SI)	90
Figure 4.8 Liste des RV de la journée (nouveau SI)	91
Figure 4.9 Routes bâties (nouveau SI)	93

LISTE DES SIGLES ET ABRÉVIATIONS

BSQ :	Bureau de la Statistique du Québec
CHSLD :	Centre Hospitalier de Soins Longue Durée
CLSC :	Centre Local de Services Communautaires
CTMSP :	Classification par Type en Milieu de Soins et services Prolongés
DFD :	Diagramme de Flux de Données
MAD :	Maintien À Domicile
MSSS :	Ministère de la Santé et des Services Sociaux
PLAISIR :	PLAnification Informatisée des Soins Infirmiers Requis
PRN :	Projet de Recherche en Nursing
RRSSS :	Régie Régionale de la Santé et des Services Sociaux
RV :	Rendez-Vous
SI :	Système d'Information
SIFO :	Système d'Information Financière et Opérationnelle
SIMAD :	Services Intensifs de Maintien À Domicile
SOFI :	Système informatisé de données Opérationnelles et Financières
TDTSP :	Time Dependent Travelling Salesman Problem
VBA:	Visual Basic pour Applications

LISTE DES ANNEXES

ANNEXE A : MÉTHODE DE RÉOLUTION 2	143
ANNEXE B : INTRANTS DES SIMULATIONS	147
ANNEXE C : RÉSULTATS COMPLÉMENTAIRES	153

INTRODUCTION

Le vieillissement de la population, problématique soulevée dans les années 80, constitue le principal motif associé au virage de l'État québécois vers le maintien à domicile (MAD) et est intimement lié à son histoire. Le MAD est un service destiné notamment aux personnes à mobilité réduite, leur permettant ainsi de recevoir à domicile des soins de santé.

Avec l'idée de vouloir redéfinir ses orientations et s'ajuster constamment avec les besoins d'une population vieillissante, le système de santé québécois a manifesté un fort intérêt pour le MAD. Ce dernier est devenu alors et demeure, pour l'heure, un chantier ouvert à la recherche et à la réflexion.

Plusieurs caractéristiques propres au contexte du MAD soulèvent la complexité et la diversité des problèmes qui s'y rattachent. Le changement continu de la clientèle et la gestion de la demande, le déplacement quotidien des infirmières et la génération journalière de leurs itinéraires, les questions d'égalité entre les hommes et les femmes soulevées par le MAD, les rapports État-Familles, ou encore la privatisation des services ne sont que quelques exemples de sujets profondément abordés par les chercheurs. Le MAD intéresse donc le milieu de la recherche autant pour l'aspect organisationnel et logistique des services de santé qui s'y rattachent, que pour le défi mathématique et les questions de société qu'il pose. Toutefois, les travaux portant sur la combinaison de tous ces aspects ne sont pas nombreux et la majorité des ouvrages sont axés sur l'étude de l'un ou l'autre de ces problèmes.

Dans le cadre de ce mémoire, nous avons choisi de traiter spécifiquement le problème logistique entourant l'organisation du service de MAD au CLSC Côte-

des-Neiges, et surtout d'y étudier un problème d'ordre organisationnel qui y a été soulevé, soit la question d'équité entre les charges de travail des infirmières.

Le but premier de ce mémoire est de réaliser une analyse comparative de diverses méthodes de confection de tournées (appelées « parcours » d'infirmières) et de tester l'impact de ces dernières sur le balancement de la charge de travail des infirmières et ce, par l'entremise des indicateurs développés pour cette fin. Nous nous attardons particulièrement sur l'étude des algorithmes développés pour la résolution des « Problèmes de Tournées de Véhicules avec Fenêtres de Temps (PTVFT) » et notamment ceux qui se rapportent au domaine de la santé. La comparaison des parcours confectionnés pourra se faire à l'aide de 18 indicateurs développés pour l'occasion.

Notre seconde contribution consiste à développer un système d'information (SI) permettant de recueillir de nombreuses données stratégiques des services de MAD au CLSC. Puisque le SI intégrera les algorithmes de confection et les indicateurs, il constituera également un outil d'aide à la décision permettant au répartiteur de confectionner les différents itinéraires remis aux infirmières du MAD.

Il est à noter que notre mémoire s'inscrit dans la suite des travaux qui ont été réalisés par Leroux (2005), qui ont porté sur le développement d'un système d'information, adapté aux besoins du personnel de MAD, afin de leur alléger le travail de bureau et d'améliorer la gestion globale au CLSC Côte-des-Neiges. Leroux (2005) a, par ailleurs, étudié les effets du trafic sur les temps de déplacements entre les clients pour le problème de voyageur de commerce (PVC), soit le « *Time Dependent Traveling Salesman Problem (TDTSP)* ».

Dans le premier chapitre de ce mémoire, nous nous attardons sur une analyse du contexte général du service de MAD au CLSC Côte-des-Neiges, ses enjeux, ainsi que ses particularités. Cette étude nous permettra de définir par la suite la problématique à l'étude et de décrire les difficultés rencontrées au service de MAD. Dans le second chapitre, nous présentons une revue de littérature, qui est étroitement liée aux enjeux soulevés par l'étude préliminaire et portant sur trois grands domaines, soient : (1) les problèmes de tournées de véhicules avec leurs diverses variantes, (2) le maintien à domicile au Québec et (3) les systèmes d'information en santé. Dans le troisième chapitre de ce mémoire, nous présentons une modélisation du problème à l'étude, avec les différents paramètres qui rentrent en jeu et nous proposons également diverses heuristiques de résolution du problème de MAD. Dans ce même chapitre, nous décrivons également les différents indicateurs développés dans le but de comparer les heuristiques de résolution notamment en termes de balancement de la charge de travail. La démarche conduisant à la conception et à l'amélioration du SI dédié au service de MAD du CLSC fera l'objet du quatrième chapitre. L'analyse comparative des heuristiques de confection de tournées programmées et implantées dans le SI, ainsi que les résultats numériques recueillis y feront également partie. Enfin, nous exposons les contributions et limites du présent mémoire et nous concluons en relatant des perspectives de recherches possibles.

La figure 0.1 qui suit illustre la démarche méthodologique adoptée dans le cadre de ce mémoire.

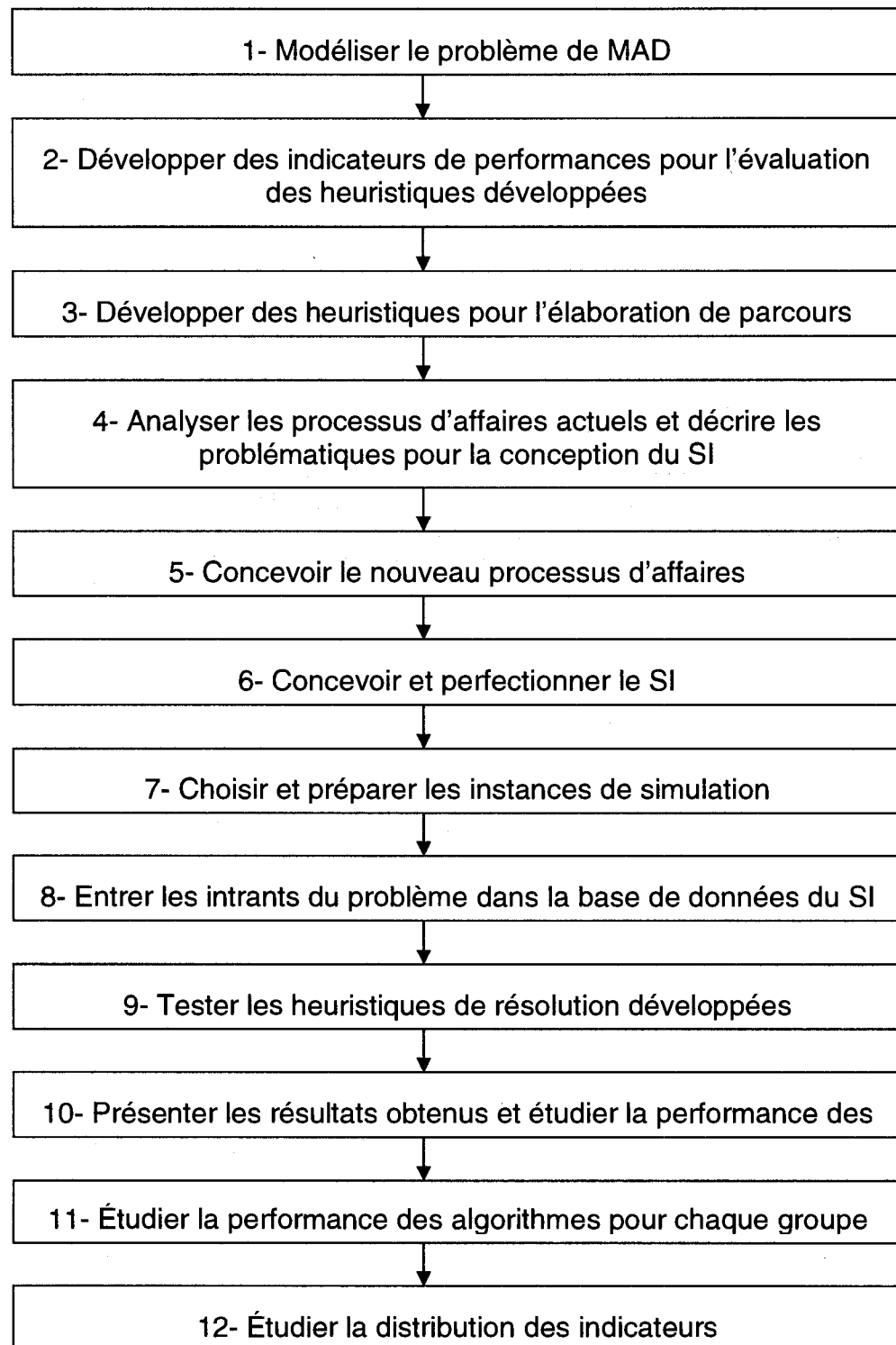


Figure 0.1 Démarche méthodologique

CHAPITRE 1 – MISE EN CONTEXTE ET PROBLÉMATIQUE

Le but premier de ce chapitre consiste d'abord à décrire et à analyser la situation actuelle du service de MAD au CLSC Côte-des-Neiges, à la lumière des informations que son équipe de MAD ont pu nous fournir. Cette mise en contexte nous permettra par la suite de décrire les différents problèmes rencontrés dans ce service.

1.1 Contexte actuel

Quoique notre étude porte spécifiquement sur le service de MAD, nous allons devoir aborder, outre cette activité, trois autres sujets qui ont un lien direct avec le MAD, le tout afin de comprendre tous les enjeux entourant cette présente recherche et sur quels bases elle se fonde. En allant d'un contexte plus général à un contexte plus particulier et conformément à l'ordre donné par la figure ci-dessous, les quatre sujets à l'étude sont alors : (1) le CLSC Côte-des-Neiges, (2) l'équipe de MAD, (3) le service de MAD et (4) le système d'information.

1.1.1 Le CLSC Côte-des-Neiges

Tout d'abord, il est important de souligner que, depuis 2004, il y a eu naissance du Centre de Santé et de Services Sociaux (CSSS), issue de la fusion des CLSC Côte-des-Neiges, Métro et Parc Extension. L'idée derrière cette démarche de fusion était de créer un réseau local de santé et de services sociaux, conformément aux exigences du Ministère de la Santé et des Services Sociaux (MSSS). Cependant, dans le cadre de ce mémoire, seuls les services de MAD offerts par le CLSC Côte-des-Neiges seront à l'étude.

Tel qu'illustré par la Figure 1.1, le territoire du CLSC Côte-des-Neiges couvre les secteurs géographiques de Côte-des-Neiges, Snowdon, Outremont et Ville

Mont-Royal, secteurs qui sont bien desservis par le réseau routier, ainsi que par le transport en commun. Le nombre d'habitants dans ce territoire est passé de 126 666 en 1996 à 130 980 en 2001, dont 15% sont des individus de 65 ans et plus. La moitié de ces habitants sont des immigrants qui proviennent en majorité des Philippines, du Sri Lanka, de la République populaire de Chine, de l'Algérie et de la France. Seulement 48,5% de la population parle le français, toutefois, une grande portion des habitants du territoire (41,1%) détient un diplôme universitaire, comparativement à 23,1% dans la région de Montréal. Outre la diversité culturelle et ethnique qui caractérise ce territoire, ce milieu se distingue par la présence de deux environnements nettement différents. En effet, les conditions de vie dans les secteurs de Côte-des-Neiges et Snowdon sont nettement plus modestes que celles des secteurs d'Outremont et Ville Mont-Royal. De plus, il existe une concentration d'habitants dans les deux premiers secteurs, qui comptent à peu près le double de la population des deux autres (87 392 habitants comparativement à 43 588 habitants en 2001) (CLSC Côte-des-Neiges, 2004).

Le CLSC Côte-des-Neiges offre divers services à ses clients. Il importe de mentionner qu'en plus de son service de MAD, le CLSC offre notamment des services de santé mentale, des soins cliniques, des activités psychosociales, des activités d'enseignement et des services aux familles.

Les services de MAD offerts au CLSC Côte-des-Neiges sont destinés notamment aux personnes âgées en perte d'autonomie, aux personnes handicapées, aux individus atteints de déficience intellectuelle ou présentant un problème de santé mentale ou encore aux personnes en phase terminale qui désirent mourir à domicile. Parmi les services prodigués par les intervenants du MAD, nous pouvons citer : les soins infirmiers à domicile, l'aide à domicile, les services sociaux, les services de nutrition, les services de réadaptation, etc.

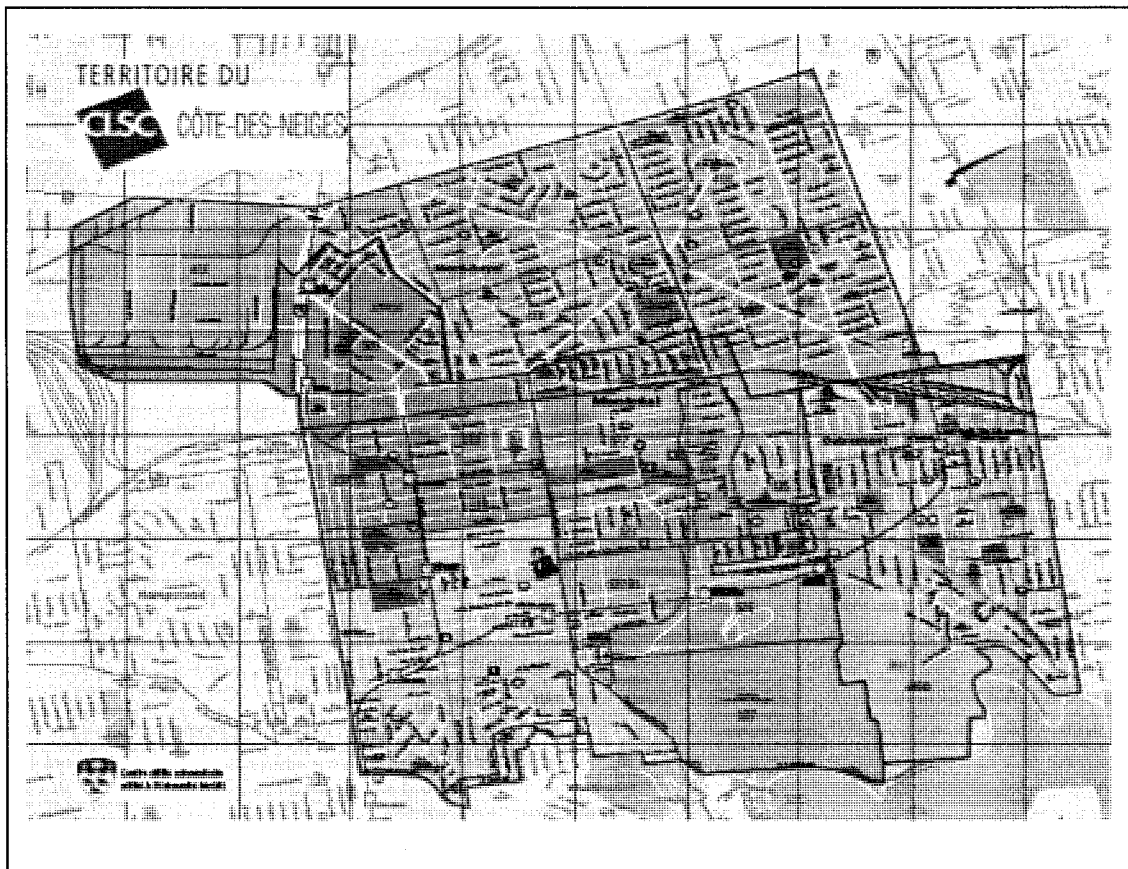


Figure 1.1 Territoire du CLSC Côte-des-Neiges

1.1.2 L'équipe de MAD

L'équipe de MAD du CLSC Côte-des-Neiges regroupe plusieurs spécialistes, notamment des infirmières, des diététistes, des ergothérapeutes, des physiothérapeutes, des travailleurs sociaux et des médecins. Le rôle d'une telle équipe consiste essentiellement à dispenser des soins et services auprès des personnes à mobilité réduite. En somme, cette équipe compte plus de 175 intervenants dont 26 infirmières (CLSC Côte-des-Neiges, 2004). Il est à noter qu'au CLSC Côte-des-Neiges, ces dernières sont divisées en deux groupes, soit les infirmières qui s'occupent des cas dits « court-terme » nécessitant des soins pour une période ne dépassant pas les six mois, ou encore les infirmières qui s'occupent des patients « long-terme » dont les soins dépassent les six mois.

En 2004-2005, le nombre d'interventions effectuées par l'équipe de MAD a totalisé 157 241 visites auprès de 10 597 usagers. Ce nombre est nettement supérieur à celui de 2003-2004, où 140 025 interventions ont été effectuées auprès de 10 027 usagers. Soulignons à ce propos que cette hausse de volume d'activités touche aussi le service de soins infirmiers à domicile. En effet, en 2004-2005, 38 625 interventions ont été réalisées auprès de 4372 usagers. Par contre, en 2003-2004, seulement 37 750 visites ont été effectuées auprès de 4168 usagers. Le Tableau 1.1 ci-dessous présente les statistiques d'utilisation des services en 2004, qui brossent un portrait général des différentes raisons de consultation. Ces statistiques sont compilées sous le vocable profil d'intervention (Centre de santé et de services sociaux de Côte des neiges, Métro et Parc-Extension, 2005).

Tableau 1.1 Nature des services rendus aux usagers

Profil d'intervention	% des usagers
Santé physique	36%
Déficience physique	2%
Déficience intellectuelle	1%
Santé mentale	10%
Santé publique	32%
Personnes âgées en perte d'autonomie	12%
Enfance – jeunesse – famille	7%

Au CLSC Côte-des-Neiges, l'organisation des visites à domicile suit une approche par quartier qui consiste à découper le territoire en six secteurs, qui sont eux-mêmes divisés en sous-secteurs. Cette subdivision, telle qu'illustrée par la Figure 1.2, est le fruit du découpage territorial existant depuis déjà

plusieurs années, mais redéfini par Blais (2001). Ainsi, les différents intervenants du service de MAD sont divisés en six équipes multidisciplinaires. Chaque équipe est assignée à un des six secteurs du CLSC Côte-des-Neiges et chaque intervenant au sein de cette équipe se voit responsable d'un nombre défini de sous-secteurs. Soulignons, à ce propos, qu'outre ces intervenants, le CLSC Côte-des-Neiges peut dans certains cas faire appel à une équipe de surplus ou à une agence dont le rôle consiste essentiellement à absorber les pointes de demandes sur l'ensemble du territoire.

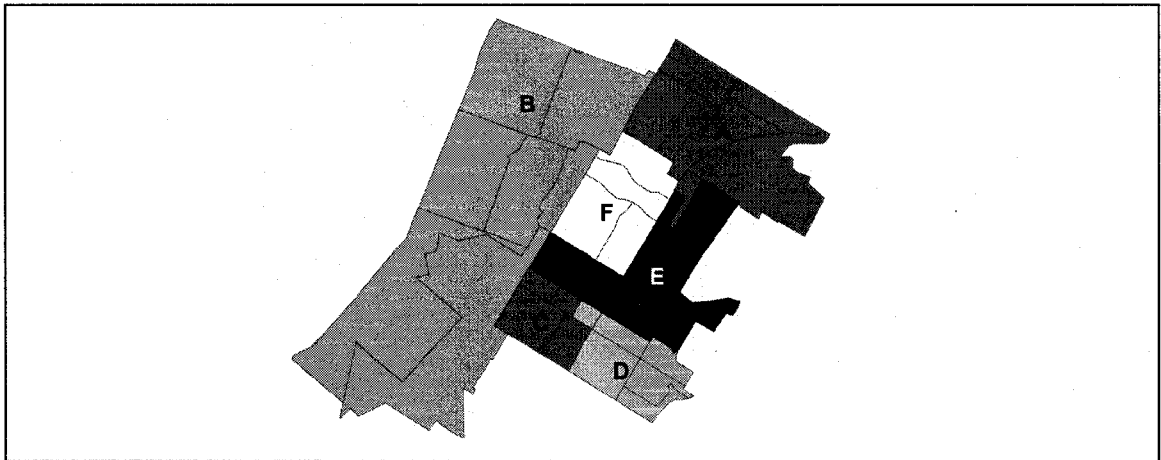


Figure 1.2 Découpage territorial du CLSC Côte-des-Neiges

Le découpage territorial adopté au CLSC Côte-des-Neiges offre une multitude d'avantages. Notons, tout d'abord, que cette approche favorise la qualité et la continuité des interventions puisqu'elle permet à chaque intervenant de travailler auprès de la même clientèle. Par ailleurs, le découpage territorial simplifie en quelque sorte les opérations de gestion, étant donné que chaque intervenant est responsable d'un ensemble de sous-secteurs et donc d'un certain nombre de clients. Ainsi, chaque intervenant peut alors gérer ses rendez-vous et planifier l'ordre selon lequel il effectue ses visites. Toujours selon le même ordre d'idées, cette approche permet entre autres de minimiser les déplacements.

1.1.3 Le service de MAD

Jusqu'ici, nous nous sommes limités à décrire les entités qui entourent les services de MAD; il nous reste maintenant à exposer la manière dont ces services sont organisés. Cette étude portera spécifiquement sur les services de soins infirmiers. Ces services consistent à visiter les clients à domicile et à leur dispenser les soins nécessaires pour les aider à préserver leur autonomie. Ces services sont offerts par les infirmières, qui, une fois qu'elles ont terminé la visite de tous leurs clients, doivent retourner au bureau pour effectuer d'autres tâches comme la mise à jour du dossier patient ou encore produire des statistiques qui doivent être fournies à la Régie Régionale de la Santé et des Services Sociaux (RRSSS).

Plusieurs facteurs rentrent en jeu pour organiser les visites à domicile pour les soins infirmiers. Il y a les heures d'ouverture du CLSC Côte-des-Neiges, les horaires de travail des infirmières, les périodes de visites, les durées d'intervention associées aux visites et enfin les temps de déplacements entre les visites (ou clients).

Au CLSC Côte-des-Neiges, les heures de visite pour les soins infirmiers sont de sept heures à 23 heures, sept jours sur sept, incluant les jours fériés. En dehors des heures d'ouverture du CLSC Côte-des-Neiges, c'est la centrale régionale Info-Santé qui assure le service téléphonique et le suivi des interventions urgentes. Au cours d'une journée, les infirmières du MAD effectuent en moyenne jusqu'à huit visites chacune, mais elles se limitent à quatre interventions chez un même client.

Il existe trois plages d'horaires de travail pour les infirmières de MAD, soient : de 7h30 à 15h30, de 12h à 20h et de 15h à 23h. Les infirmières s'occupant des cas « court-terme » travaillent de 7h30 à 15h30.

Au cours d'une journée, il existe plusieurs périodes de visites, qui sont généralement déterminées par le personnel infirmier dépendamment du type de soins à prodiguer. À chacune de ces périodes est associée une plage horaire, intervalle dans lequel une visite doit être amorcée. Les visites « à jeun », par exemple, doivent se dérouler de 7h30 à 9h. Par contre, les visites « AM » doivent être effectuées entre 7h30 et 12h. De 12h à 13h, les infirmières du MAD ont une pause pour dîner. Certaines visites sont faites l'après midi et le soir, mais elles sont généralement assignées à une équipe appelée « équipe de surplus ».

Le temps d'intervention correspond à la durée qu'une infirmière passe auprès du client pour lui prodiguer les soins nécessaires. Ce temps est difficilement prévisible, mais il est calculé approximativement en se basant sur le type d'intervention à prodiguer, ainsi que la lourdeur du cas. Ainsi, la durée de traitement associée à une visite varie de 15 à 45 minutes, la moyenne étant généralement de 30 minutes.

Pour visiter les clients à domicile, les infirmières se déplacent en voiture (leur kilométrage est remboursé). Le point de départ de toutes les visites est généralement le CLSC Côte-des-Neiges, mais il arrive parfois qu'une infirmière, ayant en main dossiers et matériel médical, se rende directement à son premier client en quittant son domicile. Au CLSC, le temps de parcours entre deux clients est établi en se basant sur la distance à parcourir; il est clair que plus la distance est importante, plus le temps de déplacement est grand et vice-versa.

1.1.4 Le système d'information

Au CLSC Côte-des-Neiges, seuls les rapports statistiques généraux transmis à la RRSSS sont informatisés. Au service de MAD, il n'existe pas d'outils informatiques dédiés à la gestion des dossiers des clients ou à la conception des tournées des différentes infirmières. Ces dernières rédigent à la main toutes

les informations relatives à leurs horaires de travail et à leurs propres patients. L'implantation d'un système d'information ne constituait pas une nécessité puisque chaque infirmière était responsable d'un certain nombre de secteurs. Elle devait donc gérer les informations relatives à ses propres clients, sans pour autant les partager avec ses collègues, et organiser sa tournée en fonction des demandes des clients qui demeurent dans les sous-secteurs dont elle est responsable. Il existe donc un fractionnement de l'information, conséquence directe du découpage territorial.

1.2 Description du problème de MAD

À première vue, l'adoption d'une approche basée simplement sur le découpage territorial, c'est-à-dire affecter les infirmières à des sous-secteurs exclusifs, semble donner des effets bénéfiques pour l'organisation des services de MAD au CLSC Côte-des-Neiges. Toutefois, en analysant la situation de près, quelques problèmes ont été soulevés par les différents intervenants du MAD. Il s'est avéré, en fait, que la demande au niveau des services de MAD est sujette à des fluctuations importantes. Compte tenu de ces faits, il peut arriver que certains jours, la demande est beaucoup plus importante dans certains sous-secteurs que d'autres. Par ailleurs, les durées de traitement associées aux visites peuvent elles aussi varier selon le type d'intervention. Par conséquent, certains intervenants peuvent effectuer plus de visites que d'autres, et ils peuvent aussi avoir une durée totale de traitement nettement supérieure à d'autres, ce qui engendre un déséquilibre dans la charge de travail.

Afin de remédier à cette situation, Le CLSC Côte-des-Neiges juge donc utile de remodeler l'organisation des visites à domicile. Ainsi, les différents intervenants devraient se partager un groupe de patients au lieu d'avoir leurs propres clients et l'assignation des usagers au personnel devrait se faire à chaque jour. Il reste cependant à trouver une nouvelle méthode d'assignation, plus prometteuse en

termes de balancement des charges de travail entre les intervenants, même si cela se fera notamment au détriment de la continuité des soins. Il est à signaler que le balancement des charges de travail entre les intervenants ne doit pas être uniquement basé sur le nombre de visites effectuées ou sur la durée totale de traitement. Plusieurs autres critères rentrent en jeu pour l'évaluation des méthodes de confection de tournées pour le service de MAD. Ces critères font l'objet du quatrième chapitre de ce mémoire.

L'idée derrière l'adoption d'une nouvelle approche repose essentiellement sur une équité entre les intervenants. En plus, il est clair qu'elle pourrait engendrer des économies au CLSC Côte-des-Neiges en réduisant le personnel du service de MAD, ainsi que la distance totale parcourue. Toutefois, en voulant équilibrer la charge de travail entre les infirmières, d'autres problèmes ont surgi. En effet, ce balancement s'est traduit par un processus de répartition plus complexe et fastidieux et un temps de planification plus important. Ceci est dû au fait que les infirmières doivent désormais se partager un groupe de patients plutôt que d'être responsables d'un certain nombre de secteurs. Ainsi, le nombre de clients à répartir sur les infirmières est devenu plus important qu'auparavant. Compte tenu de ces faits, la conception manuelle des tournées, qui ne constituait pas jusque là une problématique pour les infirmières, est maintenant une solution non envisageable.

Pour remédier à cette situation, le processus de répartition des clients et de confection des tournées doit être automatisé. L'atteinte d'un tel objectif passe nécessairement par la création d'un système d'information. D'ailleurs, cette mesure découle d'une demande précise du CLSC Côte-des-Neiges et fait partie désormais de ses priorités, d'autant plus que le déploiement d'un SI permettra de centraliser l'information entre les divers intervenants et d'éviter ainsi les problèmes logistiques se rattachant au fractionnement des données. De plus, la hausse du volume d'activité du service de MAD et la nécessité de conserver un

historique des patients justifie davantage l'orientation du CLSC vers un environnement informatisé.

CHAPITRE 2 – REVUE DE LA LITTÉRATURE

Ce second chapitre dresse un portrait de l'état de la recherche dans trois grands domaines, à savoir (1) les problèmes de tournées de véhicules, (2) le maintien à domicile au Québec et (3) les systèmes d'information en santé. Cette section est importante dans la mesure où elle nous permettra d'enrichir nos connaissances et d'acquérir une idée globale du problème à l'étude.

2.1 Problème de tournées de véhicules

Introduit par Dantzig et Ramser en 1959, le problème de tournées de véhicules (PTV) constitue un problème combinatoire très complexe, mais bien documenté dans la littérature en raison de son importance, notamment dans les domaines du transport et de la distribution. Le problème de base vise à élaborer des tournées avec un coût global minimal pour une flotte de véhicules qui desservent un ensemble de clients avec des demandes connues et ce, en respectant les contraintes relatives à la capacité des véhicules. Chaque tournée débute et prend fin au dépôt central et les clients ne sont visités qu'une seule fois par l'ensemble des véhicules en service (Solomon, 1987). Lorsque la flotte est constituée d'un seul véhicule, il s'agit dans ce cas du fameux problème de voyageur de commerce qui constitue donc une généralisation du PTV. Les objectifs du PTV varient d'un contexte à l'autre, cependant, les plus typiques concernent la minimisation de la distance totale parcourue, du temps de parcours total, ou encore de la taille de la flotte de véhicules.

Il existe deux catégories de problèmes de tournées de véhicules, soient les problèmes de tournées sur les arcs et les problèmes de tournées sur les nœuds. Les problèmes de tournées sur les arcs correspondent au cas où il faut parcourir tous les arcs d'un réseau tout en respectant l'objectif du problème. En revanche, les problèmes de tournées sur les nœuds correspondent au cas où il

faut desservir tous les nœuds d'un réseau tout en respectant l'objectif d'optimisation du problème. Le problème que nous nous proposons d'étudier peut être considéré comme étant un problème de tournées sur les nœuds étant donné que chacune des infirmières de MAD doit visiter tous les clients (nœuds) qui lui sont assignés.

Bodin et al. (1983) classifient les PTV en sept catégories à savoir (1) le problème de voyageur de commerce, (2) le problème de voyageurs de commerce multiples, (3) le problème de tournées de véhicules avec plusieurs véhicules et un dépôt unique, (4) le problème de tournées de véhicules avec plusieurs véhicules et multi-dépôts, (5) le problème de tournées de véhicules avec plusieurs véhicules et une demande périodique, (6) le problème de postier chinois et (7) le problème de postier chinois avec contraintes de capacité. Outre ces catégories, il existe plusieurs autres manières de classification du PTV qui découlent des différences, des diversités et des particularités de chaque problème.

2.1.1 Problème de tournées de véhicules avec fenêtres de temps

Le problème de tournées de véhicules avec fenêtres de temps (PTVFT) réunit aussi bien l'aspect spatial que temporel qui caractérisent les tournées de véhicules. En effet, le PTVFT est un PTV auquel sont ajoutées des contraintes temporelles sous forme de fenêtres de temps ou de délais de livraison imposés par les clients. Les fenêtres de temps peuvent être restrictives (dites « hard ») et doivent dans ce cas être respectées, ou flexibles (dites « soft ») et peuvent alors être violées aux dépens de coûts de pénalités. Les fenêtres de temps sont d'une importance primordiale dans les problèmes d'organisations qui œuvrent suivant des horaires de travail fixes, comme le problème de distribution de courrier par exemple. En présence de fenêtres de temps, le coût total se traduit par le coût associé à la distance totale de parcours (ou le temps total de parcours) et par le

coût du temps d'attente occasionné lorsqu'un véhicule arrive tôt chez le client (Solomon, 1987).

La plupart des modèles des PTVFT documentés dans la littérature assument des temps de parcours constants à travers le temps. Cependant, certains auteurs ont concentré leurs recherches sur l'aspect dynamique du temps de parcours. Selon Ichoua et al. (2003), le temps de parcours entre deux localisations est sujet à plusieurs variations à travers le temps et dépend non seulement de la distance parcourue mais aussi d'autres facteurs incluant la période de la journée. Selon ces chercheurs, ces variations résultent d'événements prévisibles comme la congestion durant les heures de pointe ou d'événements imprévisibles comme les accidents, les pannes de véhicules, etc. Potvin et al. (2006) décrivent un PTVFT où le temps de parcours est sujet à des variations stochastiques et où de nouvelles demandes des clients surviennent en temps réel. Étant donné que le PTVFT avec des temps de parcours dynamiques ne fait pas directement partie du problème à l'étude, il ne sera pas développé davantage.

Il a été prouvé que le PTV est un problème NP-dur, le PTVFT est par conséquent également NP-dur (Solomon, 1987). D'ailleurs, trouver une solution réalisable à un PTVFT, même lorsque le nombre de véhicules est fixé, constitue un problème NP-complet (Savelsbergh, 1985). La complexité et la difficulté de ce type de problème amène au développement et au choix d'une approche de résolution heuristique pour la majorité des problèmes rencontrés en pratique. Outre les méthodes exactes de résolution, il existe un certain nombre d'approches heuristiques pour résoudre le PTVFT, soient : (1) les heuristiques de construction de tournées, (2) les heuristiques d'amélioration de tournées, (3) les heuristiques composites et (4) les métaheuristiques.

Dans la littérature, les premiers travaux se rapportant au PTVFT sont sous forme d'études de cas étant donnée la complexité des calculs associée à ce type de problème. Parmi les ouvrages portant sur les heuristiques de construction de tournées, on retrouve Solomon (1987) qui a été le premier à avoir généralisé les procédures de construction de tournées proposées par Mole et Jameson's (1976) au PTV. La nouveauté de son approche consiste à introduire non seulement l'aspect spatial (distance), mais aussi la dimension temporelle dans le processus de l'heuristique. Dans son article, Solomon (1987) a proposé des procédures de construction séquentielle qui construisent une route à la fois, jusqu'à ce que tous les clients soient ordonnancés telles que les heuristiques de gains, de plus proche voisin, d'insertion et de balayage réactif. Cet auteur a, par ailleurs, souligné que les PTVFT sont davantage dominés par l'aspect d'ordonnancement que les problèmes classiques de tournées de véhicules et qu'une attention particulière doit être accordée à l'affectation des clients aux véhicules.

L'analyse des résultats numériques démontre que l'heuristique d'insertion séquentielle surpasse les autres approches proposées initialement par Christofides et al. (1979) en matière de qualité de solution. Néanmoins, Potvin et al. (1993) révèlent que, dans certains cas, les derniers clients non assignés sont largement dispersés à travers l'aire géographique, ce qui rend les dernières routes de qualité faible.

Afin de pallier cette situation, Potvin et al. (1993) proposent une approche de construction parallèle qui construit les tournées simultanément, qui n'est d'autre qu'une version parallèle de l'heuristique d'insertion présentée par Solomon (1987). Cet algorithme utilise une mesure généralisée du coût de renonciation sur l'ensemble des clients non desservis en vue de sélectionner le prochain candidat à insérer. Les résultats numériques obtenus en testant l'heuristique de construction parallèle présentée par Potvin et al. (1993) montrent que celle-ci

est moins efficace que l'algorithme de Solomon lorsqu'elle est appliquée sur des instances avec des clients regroupés et plus efficace lorsque les clients sont répartis aléatoirement dans l'espace.

Dans la littérature, les exemples d'ouvrages portant sur les heuristiques d'amélioration de tournées sont nombreux. Citons à titre d'exemples les travaux de Russell (1977), Cook et al. (1978) et Baker et al. (1986). Plusieurs métaheuristiques, constituant des pistes intéressantes de résolution du PTVFT sont également présentées. Ces métaheuristiques sont basées essentiellement sur la recherche avec tabous, le recuit simulé, ou encore les algorithmes génétiques. Toutefois, le but de cette section consistait à offrir une vue d'ensemble des PTVFT et la complexité de résolution qui leur est inhérente.

Dans la section suivante, un cas particulier relatif à l'application du PTVFT dans le domaine de la santé sera abordé afin de saisir les différents enjeux mis en question pour la résolution de ce type de problème.

2.1.2 Problème de tournées de véhicules avec fenêtres de temps en santé

L'ordonnancement du personnel dans le secteur de la santé (notamment les infirmières) a suscité l'intérêt de plusieurs chercheurs et constitue, d'après une étude bibliographique faite par Ernst et al. (2004) le deuxième domaine d'application le plus documenté dans la littérature portant sur les problèmes d'ordonnancement du personnel. À titre d'exemple, nous pouvons citer les travaux de Jaumard et al. (1998), ou encore Abdennadher et al. (1999).

À notre connaissance, il existe peu de publications sur la matière de l'optimisation et de l'ordonnancement du personnel dans le contexte du MAD. Cheng et al. (1998) décrivent un problème à programmation en nombres partiellement entiers et proposent une approche de résolution heuristique à deux phases pour l'élaboration des routes des infirmières. La première phase

constitue une procédure de construction en parallèle qui construit plusieurs tournées simultanément, tandis que la deuxième tend à améliorer les tournées générées dans la première phase. Les résultats numériques obtenus sont proches des valeurs optimales, toutefois, la performance de l'heuristique proposée n'a été testée que sur de petites instances de données formées de quatre infirmières et de dix patients.

Begur et al. (1997) décrivent un système spatial d'aide à la décision (SDSS) qui utilise un système d'information géographique (GIS) et des heuristiques du plus proche voisin pour assigner les visites à domicile des patients aux différentes infirmières. Les routes et les trajets des infirmières peuvent alors être visualisés en utilisant les composantes du GIS.

Bertels et al. (2006) présentent un logiciel (PARPAP) qui se compose d'une base de données, d'une interface et d'un module de planification et d'optimisation pour l'ordonnancement du personnel dans le contexte du MAD. Une combinaison de la programmation linéaire, de la programmation par contraintes et des méta-heuristiques pour le problème du MAD est utilisée. Les résultats numériques montrent que les algorithmes hybrides, notamment ceux qui reposent sur une combinaison de la programmation par contraintes et de la recherche avec tabou, dépassent les approches qui sont basées sur un paradigme unique (programmation par contraintes, recherche avec tabou ou recuit simulé) en terme de qualité de solution. Le système PARPAP présente donc plusieurs solutions possibles et permet au répartiteur d'interagir avec le système afin de choisir un plan, ou de recalculer des parties de la solution.

2.1.3 Problème de tournées de véhicules avec balancement de route

Tel que mentionné dans la section 2.1, le problème de tournées de véhicules avec capacités (PTVC) constitue la version la plus élémentaire du PTV. Le

problème de tournées de véhicules avec balancement de route (PTVBR) constitue une variante du PTVC (Jozefowicz et al., 2006).

Le PTVBR a suscité l'intérêt d'un certain nombre de chercheurs qui ont dressé différentes techniques de résolution pour ce type de problème. Dépendamment du contexte à l'étude, le balancement de routes peut être exprimé de plusieurs manières. Jozefowicz et al. (2006) décrivent un PTV à double objectifs. Le premier consiste à minimiser la distance parcourue par les véhicules, tandis que le second s'attarde sur l'aspect de balancement des routes qui est exprimé comme étant la différence de longueur entre la route la plus longue et la route la plus courte. La méthode de résolution proposée par ces auteurs est fondée sur l'algorithme multi-objectif standard NSGA II (*standard multi-objective evolutionary algorithm*) auquel sont ajoutées deux procédures. La première consiste à exploiter le parallélisme du NSGA II à travers un modèle du nom de *island model*, alors que la deuxième consiste à adapter un mécanisme dit *elitist diversification mechanism* afin de l'utiliser avec le NSGA II.

Dans leur article, Nikolakopoulou et al. (2004) font appel à une approche heuristique pour la résolution du PTVBR. Ils proposent donc un algorithme qui élabore la route de chaque véhicule de manière à accomplir la visite de tous les nœuds du réseau en un temps le plus petit. Cependant, la principale stratégie de cet algorithme consiste à balancer le temps d'utilisation des véhicules en service pour obtenir ainsi une distribution uniforme de la charge de travail. L'algorithme utilisé vise ainsi à minimiser la différence entre la route la plus longue et la route la plus courte en terme de temps de service, qui tient compte aussi bien du temps de parcours que de la durée de traitement.

Le balancement de la charge de travail est aussi considéré par Lee et al. (1999), qui décrivent un modèle à double objectifs. Le premier consiste à minimiser la distance de déplacement, tandis que le deuxième porte sur la minimisation de la

somme des différences entre la charge de travail de chaque véhicule et celle du véhicule avec la charge de travail la plus petite. La charge de travail est mesurée en terme des temps de déplacement et de chargement.

Ribeiro et al. (2001) décrivent un PTV à trois objectifs, l'un d'entre eux considère le balancement de la charge de travail. Dans cet article, la charge de travail est mesurée par l'écart type et elle est exprimée par le volume transporté, la quantité de produits distribuée et le nombre de clients visités.

El-Sherbeny et al. (2001) considèrent le cas d'une compagnie de transport belge et décrivent un PTV à huit objectifs. L'un d'entre eux consiste à balancer la charge de travail entre les routes et donc à minimiser la différence entre la route la plus longue et la route la plus courte en terme de temps de service.

Corberan et al. (2002) décrivent un problème de routage des autobus scolaires à double objectifs. Le premier consiste à minimiser le nombre d'autobus, tandis que le deuxième tend à minimiser le temps maximal passé dans un autobus, qui a, en quelques sortes, des points en commun avec le balancement des routes.

Okonjo-Adigwe (1988) décrit une méthode de balancement de la charge de travail pour le problème de voyageur de commerce. Pour cela, il utilise une limite inférieure et supérieure pour les temps de parcours, ainsi qu'une limite inférieure et supérieure pour le poids transporté, au delà desquelles, les solutions sont considérées comme infaisables. Ces contraintes sont efficaces pour équilibrer les routes en terme de temps de parcours et de capacités des véhicules.

2.2 Le maintien à domicile au Québec

Cette section retrace les principales phases de l'histoire du maintien à domicile au Québec en exposant les différentes raisons qui ont poussé à son émergence, les enjeux accompagnant les grands changements qu'a connu ce

programme au cours de son évolution, et enfin les barrières auxquelles il fait face.

2.2.1 Définition et description des services de MAD

Le Ministère des affaires sociales a décrit précisément la définition, ainsi que les objectifs poursuivis du maintien à domicile, appelé aussi soutien à domicile en 1979.

« Par services à domicile, on entend l'ensemble des activités visant à apporter au domicile du bénéficiaire un soutien moral, matériel et médical susceptible de compenser une perte d'autonomie, de prévenir ou de pallier à une situation de crise et d'éviter ou d'abrégier le séjour en institution. » (Ministère des affaires sociales, 1979).

À l'origine, les services de maintien à domicile étaient principalement destinés aux personnes handicapées et post-hospitalisées, aux malades chroniques, aux familles en difficulté, mais surtout aux personnes âgées de 65 ans et plus qui représentaient la grande majorité de la clientèle des services de MAD, soit environ 70% (MSSS, 1991). Ensuite, la clientèle du MAD s'est élargie davantage pour y inclure les malades en phase terminale, les cas de santé mentale et les personnes victimes du sida. Tel qu'indiqué par le MSSS, le soutien à domicile s'adresse à :

« Toute personne, peu importe son âge, ayant une incapacité, temporaire ou persistante, dont la cause peut être physique, psychique ou psychosociale, et qui doit recevoir à son domicile une partie ou la totalité des services requis. » (MSSS, 2003).

Les services offerts dans le cadre du MAD sont fondés sur un travail multidisciplinaire qui regroupe divers professionnels : médecins, infirmières, auxiliaires familiales, ergothérapeutes, physiothérapeutes, travailleur sociaux, nutritionnistes, etc.

Le MSSS regroupe les services offerts dans le cadre du programme de MAD en quatre catégories soient (1) les soins et les services professionnels (les services médicaux, les soins infirmiers, les services de nutrition, les services de réadaptation, etc.), (2) les services d'aide à domicile (les services d'assistance personnelle, les services d'aide domestique, etc.), (3) les services aux proches-aidants (le gardiennage, le dépannage, etc.) et (4) le support technique requis à domicile (les fournitures médicales, les équipements, etc.) (MSSS, 2003).

Contrairement aux services professionnels, qui sont offerts gratuitement à tous, les services d'aide domestique et d'assistance personnelle sont offerts sans frais uniquement aux personnes qui reçoivent des soins palliatifs, à celles qui ont une incapacité temporaire, ou encore aux personnes qui ont une incapacité significative et persistante. Les règles du Programme d'Exonération Financière pour les Services d'Aide Domestique (PEFSAD) s'appliqueront par contre pour les autres (MSSS, 2003).

À l'origine, les CLSC étaient les seuls prestataires de services de MAD. Ensuite, de nouveaux acteurs se sont introduits pour offrir ces types de services comme par exemple des entreprises d'économie sociale en aide domestique, des organismes communautaires, des entreprises privées, de diverses organisations publiques, etc. Malgré l'expansion de la liste des acteurs offrants les services de MAD, les CLSC demeurent les principaux prestataires de ces soins. Toutefois, il est moins impliqué dans les services d'aide à domicile et de soutien aux proches, qui sont alors délégués notamment aux organismes communautaires, aux entreprises d'économie sociale et aux agences privées (MSSS, 2003).

L'organisation des services de MAD fait intervenir un ensemble d'acteurs, entre lesquels il existe un partage clair des responsabilités, soit (1) le Ministère, (2) les régions régionales de la santé et des services sociaux et (3) les CLSC.

Le Ministère adopte les orientations générales et alloue les ressources. Les régions régionales sont, quant à elles, responsables de l'organisation régionale des services et de la répartition des ressources sur le territoire. Outre l'organisation des services de MAD pour la population de son territoire, le CLSC se doit de respecter les orientations ministérielles et d'établir des ententes de collaboration avec ses partenaires. Ainsi, en vue d'améliorer l'accès aux services, le Ministère entend consolider le CLSC comme guichet d'accès, décision qui fait l'objet de la première orientation du MSSS en 2003. Donc, toute personne qui juge avoir besoin d'aide ou de services à domicile s'adresse au CLSC. Si elle est admissible, elle obtiendra le soutien requis. Voici le cheminement d'une demande de soutien à domicile, tel que décrit par le MSSS, 2003.

2.2.2 Émergence des services de MAD au Québec

Les services de MAD ont existé avant l'avènement des CLSC. En effet, en 1962, des unités de soutien à domicile prodiguaient des soins à une clientèle qui visait à éviter un long séjour d'hospitalisation et à retourner promptement chez elle. Ce n'est qu'au tournant des années 70 que le gouvernement québécois a décidé de prendre en charge ces services et de veiller à les structurer. Ainsi, dans les années 80, les services de MAD étaient totalement transférés à la charge des CLSC, qui devaient donc en assumer l'entière responsabilité (MSSS, 1993).

À cette époque, l'État québécois a manifesté un fort intérêt pour les services de MAD et ce, pour plusieurs raisons. Avec l'idée de vouloir changer la politique à l'égard des personnes en perte d'autonomie, le gouvernement avait l'intention

de faire du MAD une solution de substitution à l'hébergement institutionnel. Cette mesure est prise à un moment où le Québec enregistrait l'un des taux d'hébergement en institution des personnes âgées les plus élevés en Occident. En fait, avec 8% de personnes de 65 ans et plus vivant en institution au début des années 80, le Québec dépassait des pays tels que l'Australie, la France, l'Angleterre, les États-Unis ou la Suède dont les taux variaient de 3,5% à 6,3%. En vue de désengorger les centres d'hébergement, l'intention du gouvernement était donc de diriger la clientèle en légère perte d'autonomie, qui nécessitait à peine quelques heures de services, vers le soutien à domicile. Toutefois, les personnes constituant des cas plus lourds prenaient toujours la direction de l'hébergement institutionnel (Roy, 1994).

Le deuxième motif qui a poussé à l'émergence du programme de MAD est notamment relié à la perspective du vieillissement démographique accéléré de la population et de ses conséquences sur le système de santé et de services sociaux. En effet, en raison de l'allongement de l'espérance de vie, les prévisions du Bureau de la Statistique du Québec (BSQ) prévoyait que les personnes très âgées de 75 ans et plus enregistreraient un bond de 102,3% entre 1981 et l'an 2001, alors que la population du Québec marquerait une hausse de 9,7% pour la même période (BSQ, 1984). Le vieillissement de la population et l'augmentation de la proportion des personnes âgées, qui constituent les cas les plus lourds, qui nécessitent le plus de soins et qui dépendent le plus des services de l'État, inquiétait à cette époque le gouvernement québécois (Mathews, 1988). En fait, il est clair que cette augmentation entraîne une évolution et un accroissement des besoins concernant des services liés aux incapacités et aux maladies plus fréquentes chez les personnes âgées, ce qui enclenche donc une urgence d'augmenter les ressources qui leur sont allouées.

Des pressions diverses s'exerçaient donc sur le système de santé et de services sociaux dans les années 80. À l'engorgement des centres d'hébergements institutionnels s'ajoutait le vieillissement démographique et ses effets sur l'accroissement des besoins et l'alourdissement de la clientèle ; autant de facteurs qui incitaient le gouvernement québécois à redéfinir ses orientations et à revoir son mode d'organisation des services sociosanitaires, qui doit constamment s'ajuster avec les besoins d'une population vieillissante.

2.2.3 Évolution des services de MAD au Québec

Les pressions qui s'exerçaient sur le système de santé québécois ont orienté l'attention du gouvernement vers le maintien à domicile, qui constituait à leur égard une solution envisageable. Toutefois, il n'a pas été facile de promouvoir ce programme, tant important et tant capital pour le gouvernement. Fautes de circonstances ou de moyens, le MAD a été freiné par de nombreux obstacles au cours de son évolution.

Le manque de ressources et le sous-financement des services de MAD étaient parmi les barrières qui empêchaient l'expansion et le développement des services de MAD. En effet, le début des années 80 a été marqué par une crise économique et une cassure du budget gouvernemental qui interviennent au moment où l'État désire effectuer une réorientation vers le MAD. Il était donc difficile d'étendre les services du MAD, d'autant plus que les seules disponibilités budgétaires étaient épuisées pour répondre aux besoins de l'hébergement institutionnel (Roy, 1994).

Parallèlement à la crise économique, une autre problématique, touchant cette fois-ci aussi bien l'hébergement institutionnel que le MAD est apparue ; il s'agit de l'alourdissement de la clientèle. Alors qu'ils étaient destinés, à l'origine, à des personnes en légère perte d'autonomie, les services de MAD s'adressaient plus

tard, à la faveur de la politique de désinstitutionalisation, à une clientèle de plus en plus lourde (Roy, 1994).

Outre le sous-financement et l'alourdissement de la clientèle, le MAD ne recevait ni les encouragements, ni les investissements nécessaires du gouvernement. En effet, d'après une étude menée au Ministère, les services de MAD ne réduisaient pas l'achalandage au palier de l'hébergement institutionnel, ce qui incitait le gouvernement à ne pas investir davantage pour ces services (Béland, 1982). L'inexistence d'informations sur les pratiques, ainsi que les catégories de clientèles du MAD était le deuxième motif menant au sous-financement de ce programme. Les centres d'hébergement parvenaient, quant à eux, à collecter les fonds nécessaires à leur développement et ce, par le biais d'un système d'information sur les services et les clientèles (Roy, 1994).

En 1986, plusieurs événements se sont produits, marquant ainsi l'histoire du MAD au Québec. Tout d'abord, un premier bilan, réalisé auprès de 106 CLSC et traçant le portrait des clientèles, des services et des ressources allouées au MAD, a été dressé par la Fédération des CLSC du Québec (Roy, 1986). Ce bilan révélait notamment les deux problématiques qu'a connu le MAD durant les années 80, soit l'insuffisance de ressources et l'alourdissement de la clientèle. La réalité soulevée par le bilan a incité le gouvernement à quadrupler le budget alloué au MAD, ce qui équivalait, en 1986, à le porter de 80 millions à 320 millions (Commission Rochon, 1987).

Le lancement du programme québécois de Services Intensifs de Maintien À Domicile (SIMAD) en 1986 était un autre fait marquant dans la phase d'évolution du MAD. Le but premier de ce programme était de désengorger les salles d'urgence et les lits de courte durée en milieu hospitalier, mais surtout de couvrir une clientèle trop lourde pour les services réguliers. Peu à peu, d'autres objectifs se sont ajoutés à la charge de SIMAD, soit le maintien à domicile des

personnes âgées en perte d'autonomie et des aînés en attente d'hébergement institutionnel. Ainsi, la principale clientèle de ce nouveau programme était relative au maintien à domicile à long terme (53%). D'autres clientèles sont touchées par ces services, soient les personnes en phase préterminale ou terminale (25%), les personnes post-hospitalisées (13%) et en attente d'hébergement (9%) (Roy, 1994).

Les efforts fournis et les mesures adoptées par le gouvernement ne pouvaient pas suffire pour relever les défis qui se posaient au système de santé québécois. Il fallait s'orienter davantage vers les familles, les proches et les groupes communautaires et valoriser encore plus les forces sociales, car 70% à 80% de l'aide fournie aux personnes âgées proviendrait d'eux (Commission Rochon, 1987). Ces intervenants devenaient donc les principaux partenaires de l'État en matière de MAD. Cette notion de partenariat est expliquée par le MSSS dans un document qui a paru en 1989.

« Le partenariat suppose la mobilisation de la personne, de ses proches, des intervenants, de la communauté, des ressources publiques et de celles du milieu. Il implique trois conditions : la reconnaissance du potentiel de chacun des partenaires, l'existence de rapports ouverts entre ceux-ci et l'adoption d'objectifs communs ». (MSSS, 1989).

Malgré les progrès qu'a connus le MAD au cours de son évolution, la situation ne s'est pas réellement corrigée. En fait, le budget qui lui était alloué demeurait négligeable et ne représentait, en 1989-1990, que 8,4% des ressources totales destinées aux personnes âgées. Parallèlement, les centres d'hébergement réussissaient toujours à accaparer la quasi-totalité de ce budget (Roy, 1994). Avec 239 millions de dollars consacrés en 1993-1994 pour le MAD, l'État

québécois avait des dépenses de 33,65\$ par capita, ce qui représentait à peine la moitié de celui de l'Ontario, soit 66,48\$ (MSSS, 1994).

En 1997, le système de santé québécois a connu des transformations en mettant en place le virage ambulatoire, appelé aussi déshospitalisation, qui s'est traduit par une réduction de la durée de séjour à l'hôpital de plusieurs clientèles. Cette désinstitutionnalisation a eu pour conséquence l'augmentation des soins à domicile dispensés par des intervenantes des CLSC, des groupes communautaires, des firmes privées, ou encore par les proches (Fédération des CLSC du Québec, 1995).

2.2.4 Problématiques du MAD au Québec

S'il a contribué à écourter et même à éviter les séjours en milieu hospitalier et à désengorger les centres d'hébergement institutionnel, le virage ambulatoire a soulevé, en contre partie, toutes sortes de critiques et de défis pour le MAD.

Suite au virage ambulatoire, l'intervention dans le milieu de vie était devenue la norme. Les services à domicile n'étaient plus perçus comme une solution de substitution à l'hébergement institutionnel ou à l'hospitalisation, mais bien comme la première option à envisager (MSSS, 2003). Cette nouvelle perspective a contribué à accroître considérablement la demande pour les services à domicile. D'ailleurs, de 1995-1996 à 1996-1997, la clientèle du MAD au Québec a connu une hausse de 30% contre une augmentation de 14% seulement en Ontario (Boucher et al., 2000).

Parallèlement à la hausse de la clientèle, les dépenses de services à domicile ont également crû, au cours de cette même période. En 2000-2001, elles ont atteint près de 600 millions de dollars. Toutefois, ces dépenses représentaient encore une part modeste du budget public des services de santé : 3,4% en 2000-2001 par rapport à 2,5% en 1995-1996 (MSSS, 2003).

Le sous-financement des services de MAD intervenait dans un contexte où les effets du vieillissement démographique devenaient de plus en plus palpables. En effet, si le Québec comptait 927 500 personnes âgées de 65 ans ou plus en 1999, ce qui représentait environ 13% de la population, cette proportion passera à 24% d'ici vingt-cinq ans (MSSS, 2001).

Le manque des ressources, aussi bien financières que humaines, et les hausses continues des clientèles pour les services de MAD ont incité le gouvernement à recourir aux familles et aux proches aidants et à la valorisation des forces sociales. Cette philosophie, favorisée particulièrement par le virage ambulatoire, a été critiquée par plusieurs organismes notamment par le Conseil du statut de la femme. Ce dernier confirme que ce sont particulièrement les femmes aidantes qui subissent les conséquences négatives du virage ambulatoire car elles demeurent largement responsables des soins aux personnes et des activités domestiques. Par ailleurs, bien qu'elles soient non qualifiées, les femmes affirment qu'elles sont devenues des soignantes. Elles ont dû même donner des soins médicaux complexes, ce qui constitue un des paradoxes du virage ambulatoire. Les responsabilités médicales qui leur sont donc attribuées leur causent du stress, de l'anxiété, mais aussi de la culpabilité en cas d'erreur. Pour remédier à cette situation, le Conseil du statut de la femme appelle alors le MSSS à revoir ses politiques et ses actions touchant le virage ambulatoire et à apporter les changements nécessaires pour redresser la situation (Conseil du statut de la femme, 2000).

Le vieillissement accéléré de la population, l'augmentation prévisible des besoins, la variation de la nature de la demande, les mutations familiales, la participation accrue des femmes au marché du travail, la mobilité géographique et professionnelle des jeunes individus, la saturation des ressources

institutionnelles et la gratuité des services, sont autant de déterminants qui exercent une pression constante sur le MAD. La diversification des lieux et des prestataires de services constitue aussi un autre facteur qui peut agir négativement sur le MAD puisqu'il vient complexifier les modes d'organisation. En effet, la multiplication des ressources se traduit souvent par une fragmentation et une juxtaposition des services, un manque de coordination entre les intervenants et un alourdissement des interventions. Tous ces facteurs peuvent remettre en question le contrôle et la qualité des soins et services, ce qui est contraire aux politiques instaurées par le MSSS (MSSS, 2001).

La combinaison de tous ces enjeux rendent impératifs tant la réorganisation des services sociosanitaires que l'ajustement des pratiques professionnelles et de gestion aux besoins d'une population vieillissante.

« Les enjeux à long terme qui se posent avec le vieillissement de la population concernent donc la modification de l'offre de services de santé et de services sociaux pour l'adapter à l'évolution et à la croissance des besoins associés au vieillissement de la population. » (MSSS, 2001).

Un ensemble de voies d'actions, touchant la réorganisation des services sociosanitaires et tenant compte des enjeux actuels, est proposé par le MSSS. Ce dernier appelle notamment à une gestion d'ensemble de la question du vieillissement démographique, qui met à contribution tous les professionnels de la santé. Le travail en équipes multidisciplinaires assure le partage du savoir entre les intervenants et favorise un transfert des connaissances. Ainsi, il doit y avoir un changement important des mentalités et des pratiques pour parvenir à passer de la juxtaposition à l'intégration des services. Toutefois, le fonctionnement en réseau de services intégrés passe systématiquement par l'utilisation des technologies et l'implantation de systèmes d'information

appropriés, stratégie qui suscite particulièrement l'intérêt du MSSS (MSSS, 2001).

2.3 Les systèmes d'information en santé

Cette section dresse un portrait des systèmes d'information (SI) en santé en abordant tour à tour les raisons qui ont poussé à leur émergence, l'historique des SI en santé au Québec, la classification des SI en santé, ainsi que leurs forces et faiblesses.

2.3.1 Émergence des systèmes d'information en santé

L'informatisation du système de santé québécois a été amorcée dans les années soixante-dix (La Branche, 1997). Paradoxalement, les compressions budgétaires ont enclenché toute une série de projets novateurs en systèmes d'information à travers le Québec. En effet, ces contraintes financières ont poussé les établissements de santé à apercevoir les ressources dont ils disposent comme leur véritable marge de manœuvre. Toutefois, une meilleure gestion des ressources, aussi bien humaines que matérielles, passe forcément par une maîtrise de plus en plus grande de l'information. Cette reconnaissance de l'importance de l'information a créé un environnement propice à l'émergence de plusieurs projets touchant les systèmes d'information. Les contraintes budgétaires qui ont débuté au milieu des années soixante-dix ont freiné le développement de systèmes d'information, retard que les gestionnaires voulaient alors combler rapidement (Sicotte et al., 1991).

D'un autre côté, le virage ambulatoire a aussi contribué à l'effervescence des systèmes d'information. En effet, la transition entre l'hôpital et le domicile représente un moment critique car elle exige un suivi systématique de la clientèle transférée. Ainsi, toute l'information clinique nécessaire devrait être transmise aux intervenants du MAD, autrement le retour au domicile pourrait

être une grande source d'insécurité et d'anxiété pour les personnes transférées et pourrait influencer sur la qualité des services (MSSS, 2004(a)).

Le virage ambulatoire fait donc intervenir tout un ensemble d'institutions qui traitent toutes le même patient. Cette interdépendance soulève l'importance d'accroître l'intégration des soins et services à travers tout le réseau de la santé. À cet égard, les technologies de l'information constituent des outils essentiels dans la mesure où ils permettent non seulement de gérer toute l'information médicale, mais également d'en faciliter l'accès à travers tout le réseau (La Branche, 1997).

En décembre 2003, l'adoption de la *Loi sur les agences de développement de réseaux locaux de services de santé et de services sociaux* a soulevé davantage l'importance de l'intégration de l'information au sein du système sociosanitaire québécois. La création des Réseaux Locaux de services (RLS) dont chacun est formé d'un centre de santé et de services sociaux (CSSS) regroupant un centre local de services communautaires (CLSC), un centre d'hébergement et de soins de longue durée (CHSLD), et sauf exception, un centre hospitalier (CH) a marqué le début d'une phase de transition dans l'organisation du système sociosanitaire québécois. En effet, la mise en œuvre des RLS exige un véritable changement de paradigme en matière d'offre de soins et sollicite un grand nombre d'organisations qui doivent assurer à la population de leur territoire l'accès à une large gamme de services de santé, une prise en charge des usagers, notamment les personnes les plus vulnérables, et une continuité des services de santé et des services sociaux. Elles doivent également définir ensemble les plans d'intervention en se basant sur le concept de complémentarité inter-établissements et non sur la fragmentation selon les champs d'intervention des membres du RLS (MSSS, 2006).

En favorisant l'implantation des RLS, le gouvernement québécois s'inscrit donc dans la volonté d'offrir des services de santé intégrés, prodigués de façon continue et davantage centrés sur l'utilisateur, plutôt que sur la traditionnelle logique d'établissement (Cefrio, 2004). Cette nouvelle manière de faire implique un partage et une disponibilité de l'information au lieu et au moment opportuns, ainsi qu'une nécessité de doter le secteur sociosanitaire de systèmes de communications intra et inter-établissement efficaces et d'un dossier électronique partageable. C'est justement dans ce contexte que les technologies de l'information révèlent leur finalité. Le recours à celles-ci s'avère donc un élément essentiel au succès des RLS (MSSS, 2004(b)).

Jusqu'ici, les systèmes d'information ont été créés en vue de répondre aux besoins de tous les professionnels de la santé. Les infirmières ont contribué, elles aussi, à l'émergence de ces systèmes. En effet, dans leur travail, elles sont appelées à manipuler beaucoup de données et à documenter manuellement toutes les informations de gestion nécessaires. La documentation a été citée comme étant l'un des aspects les plus frustrants pour les infirmières du MAD. Dans leurs activités journalières, ces dernières consacrent approximativement 35% de leur temps à traiter les données et 65% à prodiguer les soins aux patients. Même si la documentation représente une source d'insatisfaction pour les infirmières, elle demeure toutefois primordiale (Harris, 2005).

Afin de résoudre les problèmes inhérents au processus manuel, de réduire la paperasse et d'améliorer la performance des organisations, des systèmes d'information, répondant spécifiquement aux besoins des infirmières ont été développés. Cette nouvelle branche de connaissances est désignée par le « Nursing Informatics ». En voici une définition.

« Nursing informatics is a speciality that integrates nursing science, computer science, and information science, computer science, and

information science to manage and communicate data, information, and knowledge in nursing practice. Nursing informatics facilitates the integration of data, information, and knowledge to support patients, nurses, and other providers in their decision-making in all roles and settings. This support is accomplished through the use of information structures, information processes, and information technology.»

(American Nurses Association, 2001).

Les contraintes budgétaires qu'a connues le système de santé québécois, le virage ambulatoire, la création des RLS, la lourdeur des tâches de certains acteurs du domaine, particulièrement les infirmières, la révolution technologique et les nouvelles tendances sont autant de facteurs qui ont poussé à l'émergence des systèmes d'information en santé et qui rendent désormais l'informatisation du réseau sociosanitaire québécois une réalité incontournable.

2.3.2 Classification des systèmes d'information en santé

La classification des SI en santé a suscité l'intérêt de plusieurs chercheurs, qui ont trouvé des façons relativement distinctes pour catégoriser ces systèmes.

Certains chercheurs ont classifié les SI selon les responsabilités administratives et ont ainsi hiérarchisé l'information en trois niveaux : (1) opérationnel, (2) tactique et (3) stratégique. Les SI correspondants au niveau opérationnel, qui constitue la base de la pyramide, ne font souvent que reproduire les systèmes manuels déjà existants et accomplir les tâches répétitives indispensables pour le bon fonctionnement de l'organisation. Les SI de niveau tactique sont destinés aux gestionnaires intermédiaires responsables d'unités administratives pour les guider essentiellement dans leurs prises de décisions et l'atteinte de leurs

objectifs préalablement établis. Les SI de niveau stratégique sont, quant à eux, destinés aux cadres supérieurs pour les encadrer dans la définition et l'atteinte des objectifs à long terme de l'établissement. Tout système d'information devrait être développé avec une optique d'intégration qui échapperait à la duplication et la redondance des données pour répondre aux besoins tant du niveau opérationnel que tactique et stratégique (Sicotte et al., 1991).

Ces mêmes chercheurs se sont inspirés de la réalité des établissements de santé pour présenter une autre façon de classer les SI. Ils ont donc défini trois catégories de systèmes d'information en santé, soient : (1) les systèmes administratifs, (2) les systèmes clinico-administratifs et (3) les systèmes cliniques. Les systèmes administratifs, très performants au niveau opérationnel, sont essentiellement dédiés à la gestion des données financières et opérationnelles et les exemples de ces types de systèmes incluent les systèmes de paie, des achats et de gestion des stocks. Ces systèmes sont largement utilisés dans les établissements de santé du Québec, même dans les plus petits d'entre eux, comme les centres d'hébergement pour les personnes âgées ou encore les CLSC. Les systèmes clinico-administratifs sont étroitement liés aux fonctions de dispensation de soins et de services et dans cette catégorie de systèmes, nous comptons les systèmes d'index-patients ou encore d'ADT (admission, départ, transfert). Contrairement aux systèmes administratifs, les systèmes clinico-administratifs sont uniquement répandus dans certains établissements tels que les CLSC qui utilisent les systèmes d'index-patients. En ce qui concerne les systèmes cliniques, ils visent l'informatisation du dossier médical et l'archivage des données cliniques pour chaque patient en vue d'encadrer les professionnels de la santé au niveau des soins et services à prodiguer et de coordonner les interventions. Bien qu'ils présentent des opportunités intéressantes, ces systèmes sont peu répandus et informatisés au Québec (Sicotte et al., 1991).

2.3.3 Bilan de l'informatisation du réseau sociosanitaire québécois

Comme il a été cité précédemment, l'informatisation du système de santé québécois a été amorcée dans les années soixante-dix. En 1990, la province québécoise comptait déjà plusieurs systèmes d'information touchant le domaine de la santé. Le Québec s'est particulièrement démarqué des autres provinces canadiennes dans le domaine des SI en gestion financière en mettant sur pied des systèmes administratifs tels que SIFO (Système d'Information Financière et Opérationnelle) ou encore SOFI (Système informatisé de données Opérationnelles et Financières) qui était destiné aux hôpitaux.

D'autres systèmes, cette fois-ci clinico-administratifs, ont également vu le jour au Québec. Parmi ces derniers, nous citons le système PRN (Projet de Recherche en Nursing) qui était spécialement conçu pour la gestion des ressources infirmières ou encore le système PLAISIR (PLANification Informatisée des Soins Infirmiers Requis) dont l'objectif est de tenir à jour un portrait de la clientèle de tous les établissements. D'autres systèmes comme le CTMSP (Classification par Type en Milieu de Soins et services Prolongés) ont été conçus dans le but d'orienter les personnes en perte d'autonomie et d'aider le ministère dans la planification des ressources pour ce type de clientèle.

Cependant, l'informatisation des systèmes d'information cliniques n'était pas aussi poussée que les autres types de systèmes au Québec et le dossier médical des patients restait encore à informatiser (Sicotte et al., 1991).

La situation est semblable notamment pour les systèmes d'information conçus proprement pour les services de MAD, puisqu'ils sont eux aussi peu informatisés. Pourtant, le développement de SI pour le MAD a déjà été abordé en 1988 (Dubé, 1988). L'auteur cherchait donc à implanter un système d'information qui répondait spécifiquement aux besoins des intervenants du MAD en leur permettant entre autres de gérer les ressources humaines, ainsi

que la demande et de faire le suivi des dossiers (Dubé, 1988). Même si les bénéfices de ce projet étaient tangibles, il s'est toutefois inscrit dans le cadre d'une étude théorique qui n'a jamais été concrétisée.

Depuis, la situation n'a pas réellement évolué étant donnée que même aujourd'hui, peu de systèmes touchant les services de MAD sont informatisés et la majorité des travaux s'inscrivent dans le cadre de projets. Ceci est par exemple le cas du projet *CLSC du Futur* qui a été monté et réalisé par le CEFRIO, un centre réseau qui regroupe plus de 150 membres universitaires, industriels et gouvernementaux. Amorcé en 2000, ce projet visait essentiellement à déployer un modèle de services intégrés de santé, à améliorer l'utilisation et la circulation de l'information et à assurer un continuum de soins optimal à la clientèle du programme de soutien à domicile. Le projet a été mené au Centre de Santé Orléans (CSO) à Québec, qui regroupe le CLSC Orléans, un hôpital et cinq CHSLD. La technologie qui a été expérimentée dans le cadre de ce projet porte sur un système d'information en soutien à domicile qui renferme deux outils importants, soit le Dossier Clinique Informatisé (DCI), dédié aux tâches cliniques et Intégration-CLSC (I-CLSC) pour les tâches administratives. Le DCI formait le cœur du projet dans la mesure où il permettait aux différents usagers d'avoir un accès rapide aux données cliniques relatives à leurs clientèles. Le projet a eu des effets bénéfiques sur l'ensemble des professionnels de la santé, notamment en ce qui a trait aux processus cliniques et à l'organisation du travail. Toutefois, le projet n'a pas été poursuivi car le MSSS et la Régie régionale de santé et de services sociaux de Québec soutenaient une phase de transition dans l'attente de définir les suites à donner au projet. Au moment d'écrire ces lignes, peu d'informations se rapportant au déroulement de ce projet sont disponibles (CEFRIO, 2004).

Plusieurs projets ont été réalisés au Québec et plusieurs sont encore en développement aujourd'hui. D'ailleurs, une étude datant de 2004, portant sur

l'état d'avancement de l'informatisation du réseau sociosanitaire, met en évidence le grand nombre de systèmes cliniques, clinico-administratifs et administratifs dont disposent les établissements de santé. Le rapport indique qu'il existe plus de 10000 systèmes/sites en exploitation et plus de 86 projets de recherche et d'expérimentation qui sont en cours (MSSS, 2004(b)). Tels qu'illustrés dans cette étude, le niveau d'informatisation, ainsi que le degré d'intégration des technologies de l'information dans le réseau sociosanitaire québécois se présentent comme suit :

Tableau 2.1 Bilan de l'informatisation du réseau sociosanitaire québécois

	Niveau d'informatisation	Degré d'intégration
Volet administratif	Élevé	Moyen
Volet clinico-administratif	Moyen	Faible
Volet clinique	Faible	Faible

Plusieurs volets pourraient donc encore bénéficier du développement de systèmes d'information, notamment en ce qui a trait au volet clinique. Il faut donc consentir davantage de ressources au développement de ces technologies. Toutefois, la problématique à souligner avec les systèmes existants porte spécifiquement sur l'intégration de ces derniers puisqu'elle demeure faible. Le degré d'intégration entre les différents volets est faible aussi. L'informatisation du réseau sociosanitaire québécois s'est réalisée de façon aléatoire, sans perspective d'ensemble. Les systèmes d'information ont été conçus dans le but de répondre à des besoins spécifiques et certains faisaient même double emploi. L'autonomie des établissements de santé quant au choix des SI qui leur conviennent, ainsi que le nombre important des fournisseurs de ces types de systèmes ont donné lieu à une multiplicité et une diversité des applications, ce qui entraîne une certaine incompatibilité entre elles et une

difficulté d'intégration au niveau central et entre les établissements (La Branche, 1997).

La nécessité du déploiement de mécanismes d'intégration des données doit donc être renforcée dans le système de santé québécois afin d'obtenir l'effet de levier attendu des systèmes d'information.

Aujourd'hui, l'informatisation du réseau de la santé prend une importance, jusqu'ici inégalée, dans les préoccupations du ministère de santé québécois, à l'instar des autres provinces canadiennes. Dans le souci d'améliorer le système de santé et de services sociaux, le MSSS a d'ailleurs mis en œuvre, en 2004 sept groupes de travail dont un consacré à l'informatisation du réseau sociosanitaire québécois. Son mandat consistait à développer un plan d'informatisation intégrant la contribution de tous les professionnels de la santé, en accord avec les orientations du MSSS, notamment celle qui privilégie l'ouverture au citoyen (MSSS, 2004(b)).

Le bilan de l'informatisation du réseau sociosanitaire, dressé en 2004 par le MSSS indiquait qu'il y avait environ 500 effectifs qui œuvrent dans le domaine des ressources informationnelles au niveau central (MSSS, RAMQ) et un peu moins de 1 500 dans les agences de développement et les établissements. Cependant, ces effectifs ne représentaient que 1% des ressources humaines du réseau de la santé et des services sociaux. Ce bilan révèle, par ailleurs, qu'il y a un manque de ressources spécialisées indispensables pour la gestion des technologies et le développement des systèmes. (MSSS, 2004(b)).

Le bilan témoigne aussi d'un manque de ressources financières en ce qui a trait aux technologies de l'information. En effet, en 2002-2003, les dépenses d'exploitation comptaient pour 212 millions de dollars et les investissements ont exigé des sommes d'environ 70 millions de dollars par an. De ces montants, 56 millions de dollars provenaient du MSSS. Bien que importantes, les sommes

consacrées aux technologies de l'information restent négligeables car elles ne représentent que 1,5 % du budget de l'industrie de la santé québécoise. Parallèlement, un pays comme les États-Unis alloue en moyenne 4% de son budget en TI (MSSS, 2004(b)).

CHAPITRE 3 – MODÉLISATION ET MÉTHODES DE RÉSOLUTION

Une fois que le contexte à l'étude, ainsi que la revue de littérature sont présentés, il est possible de passer à la modélisation du problème. Dans le cadre de ce chapitre, nous présentons une modélisation du problème de MAD, ainsi que les différents indicateurs de performances. Le problème de MAD, ainsi que les différentes contraintes qui rentrent en jeu, sont expliquées davantage dans la première section de ce chapitre. Une dernière partie présentera les différentes heuristiques de résolution que nous avons développées.

3.1 Modélisation du problème de MAD

Résoudre le problème de MAD consiste, d'un point de vue de gestion du personnel, à trouver un plan de travail faisable pour toutes les infirmières tout en respectant une variété de contraintes. Plusieurs facteurs sont déterminants dans la décision d'assigner ou non un client donné à une infirmière du MAD. Une bonne partie de ces facteurs sont expliqués par Woerner et al. (1988). D'abord, les infirmières du MAD ont des horaires de travail différents. Avant d'assigner un client à une infirmière, il faut donc s'assurer préalablement que l'horaire de cette infirmière couvre la période de visite associée au client. Ensuite, il faut s'assurer que l'ajout de ce client ne mènera pas au dépassement du temps de travail maximal associé à l'infirmière. Enfin, il faut prendre en considération le facteur d'équilibre des charges de travail entre les infirmières, ce qui constitue l'aspect le plus important de notre étude.

Le problème de MAD est donc sujet à plusieurs contraintes. Ces dernières sont de deux types, soient (1) les contraintes restrictives dites « hard », et (2) les contraintes flexibles dites « soft ». Les contraintes restrictives incluent par

exemple les conditions de qualification et les limites, aussi bien, des temps de service (ou temps de travail), que des périodes de visites des clients. Les contraintes flexibles représentent, quant à elles, les préférences tant des patients que du personnel infirmier. Les exemples les plus typiques des préférences des clients sont le fait d'être toujours servi par la même infirmière ou à la même période. Par contre, les exemples relatifs aux préférences des infirmières sont le fait d'avoir peu de cas (patients) « lourds » ou encore peu de secteurs présentant des problèmes de congestion automobile. Contrairement aux contraintes flexibles qui représentent seulement des préférences et que nous pouvons violer aux dépens des coûts de pénalité, n'importe quelle contrainte restrictive doit être respectée. Dans la formulation mathématique du problème de MAD, nous allons uniquement considérer les contraintes restrictives pour des fins de simplification du problème.

Résoudre le problème de MAD revient à résoudre un PTVFT. Le défi de ce problème consiste à combiner deux aspects importants, le premier consistant à l'affectation des RV aux infirmières (ou véhicules) et le second à l'ordonnancement des RV assignés.

Les prochaines sections traitent en détail de la modélisation de ce problème avec les différentes variables qui rentrent en jeu. Dans la dernière section, nous présentons comment les différentes données citées plus haut seront traitées et modélisées à l'intérieur de la formulation mathématique classique du PTVFT.

3.1.1 Définition des paramètres du problème de MAD

Dans ce qui suit, nous présentons les paramètres qui rentrent en jeu, ainsi que les différents éléments qui caractérisent le problème du MAD, soient (1) les infirmières, (2) les clients ou les visites à domicile et (3) les horaires de travail des infirmières.

3.1.1.1 Les infirmières

Soit $\mathcal{S} = \{1, \dots, I\}$ l'ensemble de toutes les infirmières. Le nombre d'infirmières disponibles qui correspond au nombre de véhicules ou encore à la taille de la flotte est donc donné par I .

Les variables $Id(i)$ et $If(i)$ représentent le début et la fin de la fenêtre de temps $[Id(i), If(i)]$ d'une infirmière i ($i \in \mathcal{S}$), qui constitue l'intervalle de travail de cette dernière. En d'autres termes, toutes les visites assignées à une infirmière donnée i ($i \in \mathcal{S}$) doivent être amorcées après $Id(i)$ et avant $If(i)$. Ainsi, commencer un service après la fenêtre de temps mène à un horaire infaisable. Toutes les fenêtres de temps sont exprimées en minutes. Nous prenons comme hypothèse que le temps est initialisé à 0 lorsque l'heure est égale à 7h30.

Posons $min_temps(i)$ et $max_temps(i)$ comme étant respectivement les temps de service minimal et maximal d'une infirmière i ($i \in \mathcal{S}$). Soit $QI(i)$ l'ensemble des qualifications que possède une infirmière i ($i \in \mathcal{S}$).

Ainsi, à chaque infirmière correspond un temps de service minimal et maximal, un ensemble de qualifications, de même qu'une fenêtre de temps à l'intérieur de laquelle toutes les visites qui lui sont assignées doit être amorcées.

3.1.1.2 Les clients ou visites à domicile

Les clients sont les patients que les infirmières doivent visiter à leurs domiciles. Notons que la fréquence de visite d'un patient dans une journée donnée peut être supérieure à un, donc un patient peut faire partie de plusieurs tournées. Dans ce qui suit, nous préférons modéliser les patients à visiter par les RV qui leur sont associés et ce, pour ne pas porter confusion.

Soit $\mathcal{P} = \{1, \dots, P\}$ l'ensemble de toutes les périodes (à jeun, AM, PM, soir, etc.). Dans ce qui suit, nous allons uniquement considérer les RV dont la période est « à jeun » ou « AM » qui sont pris en charge par l'équipe court-terme.

Posons $\mathcal{N} = \{1, \dots, N\}$ comme étant l'ensemble de tous les RV à ordonnancer dont la période est « à jeun » et $\mathcal{M} = \{1, \dots, M\}$ comme étant l'ensemble de tous les RV à assigner dont la période est « AM ». Soit $\mathcal{R} = \{1, \dots, R\}$ l'ensemble de tous les RV ou visites à ordonnancer. Le nombre de RV à assigner est donc donné par R . Ainsi, $\mathcal{R} = \mathcal{N} \cup \mathcal{M}$ et $R = N + M$. Chaque RV non assigné est désigné par r_j ($j = 1, \dots, R$). Une fois assigné, la nouvelle désignation de ce RV devient alors $r_{l,i}$, l étant la position à laquelle le RV est inséré dans la tournée et i étant l'infirmière à laquelle le RV est assigné.

Les variables $Rd(r_j)$ et $Rf(r_j)$ représentent le début et la fin de la fenêtre de temps d'un RV r_j , qui est donnée par la période qui lui est associée et qui constitue l'intervalle de temps à l'intérieur duquel la visite r_j doit être amorcée. Ainsi, commencer un service après la fenêtre de temps qui lui est associée mène à un horaire infaisable. Toutes les fenêtres de temps sont exprimées en minutes. Nous rappelons l'hypothèse que le temps est égal à 0 à 7h30.

Posons $d(r_j)$ comme étant la durée de traitement associée à un RV r_j , qui n'est d'autres que le temps nécessaire pour compléter le service. Soit $QR(r_j)$ l'ensemble des qualifications requises pour un RV r_j . Le temps de parcours (déplacement) entre les localisations de deux rendez-vous r_j et $r_{j'}$ est exprimé par $TP(r_j, r_{j'})$.

Ainsi, à chaque visite correspond une durée de traitement, un emplacement, un ensemble de qualifications requises, de même qu'une fenêtre de temps restrictive à l'intérieur de laquelle la visite doit être amorcée.

3.1.1.3 Les horaires de travail

Posons $H(i) = [(r_{0,i}, t_{0,i}), (r_{1,i}, t_{1,i}), \dots, (r_{k_i,i}, t_{k_i,i}), (r_{k_i+1,i}, t_{k_i+1,i})]$, $r_{l,i} \in \mathcal{R}$, $t_{l,i} \in \mathbb{R}$, $l = 1 \dots k_i$, comme étant l'horaire ou la tournée correspondant à l'infirmière i ($i \in \mathcal{S}$). Nous prenons comme hypothèse que toutes les tournées débutent et prennent fin au CLSC Côte-des-Neiges, qui constitue le dépôt central. Ainsi, dans l'horaire d'une infirmière i ($i \in \mathcal{S}$), le CLSC est désigné par le RV $r_{0,i}$ avec une heure de début de service $t_{0,i}$ égale à $Id(i)$ et une durée de traitement $d(r_{0,i})$ égale à 0. À la fin de la tournée de l'infirmière i ($i \in \mathcal{S}$), le CLSC est désigné par le RV $r_{k_i+1,i}$ avec une heure de début de service $t_{k_i+1,i}$ égale à $\lfloor t_{k_i,i} + d(r_{k_i,i}) + TP(r_{k_i,i}, r_{k_i+1,i}) \rfloor$ et une durée de traitement $d(r_{k_i+1,i})$ égale à 0.

$H(i)$ est un horaire qui contient k_i RV (en ignorant le dépôt au début et à la fin de chaque tournée), avec une heure de début de service $t_{l,i}$ pour chaque RV $r_{l,i}$ inscrit dans $H(i)$. Nous assumons que la séquence est ordonnée selon des temps croissants, c'est-à-dire que $t_{l,i} < t_{l+1,i}$, $l = 1 \dots k_i - 1$. Nous assumons également que le temps d'arrivée à la localisation du RV $r_{l,i}$ est égal au temps de début de service $t_{l,i}$ associé au RV $r_{l,i}$, il n'y a donc pas d'attente. Posons $td_{l,i}$ comme étant le temps de départ du RV $r_{l,i}$, qui s'exprime par la formule suivante : $td_{l,i} = t_{l,i} + d(r_{l,i})$. Le temps de début de service correspondant au temps d'arrivée à la localisation du RV $r_{l,i}$ peut alors être calculé comme suit : $t_{l,i} = td_{l-1,i} + TP(r_{l-1,i}, r_{l,i})$.

3.1.2 Formulation mathématique du Problème de MAD

Le problème consiste à déterminer un ensemble de tournées de véhicules en respectant un certain nombre de contraintes. Il s'agit donc de trouver une solution $S = \{H(1), \dots, H(I)\}$, $i = 1 \dots I$, qui consiste en I horaires, avec $H(i) = [(r_{0,i}, t_{0,i}), (r_{1,i}, t_{1,i}), \dots, (r_{k_i,i}, t_{k_i,i}), (r_{k_i+1,i}, t_{k_i+1,i})]$ est l'horaire de l'infirmière i .

Voici la formulation mathématique du problème de MAD, inspirée de celle de Bertels et al. (2006) :

Minimiser $obj(H(1), \dots, H(I))$ avec

$obj(H(1), \dots, H(I)) =$

$$\alpha_1 \frac{\sum_{i=1}^I \sum_{l=1}^{k_i-1} TP(r_{l,i}, r_{l+1,i}) - LI_{tps_prcs}}{LS_{tps_prcs} - LI_{tps_prcs} + \epsilon} \quad (1)$$

$$+ \alpha_2 \frac{1}{I} \frac{\sum_{i \in \mathcal{S}} [t_{k_i,i} + d(r_{k_i,i}) - t_{1,i}] - LI_{tps_srv}}{LS_{tps_srv} - LI_{tps_srv} + \epsilon} \quad (2)$$

Sous les contraintes :

$$\alpha_1 + \alpha_2 = 1, \quad \alpha_i \geq 0 \quad (3)$$

$$\bigcup_{i=1}^I \bigcup_{l=1}^{k_i} \{r_{l,i}\} = \mathcal{R} \quad (4)$$

$$\forall 1 \leq i \leq I, 1 \leq i' \leq I, 1 \leq l \leq k_i, 1 \leq l' \leq k_{i'} : (r_{l,i} = r_{l',i'}) \Rightarrow (i = i' \wedge l = l') \quad (5)$$

$$Rd(r_{l,i}) \leq t_{l,i} \leq Rf(r_{l,i}), \quad i = 1 \dots I, l = 1 \dots k_i \quad (6)$$

$$t_{l,i} + d(r_{l,i}) + TP(r_{l,i}, r_{l+1,i}) \leq t_{l+1,i}, \quad i = 1 \dots I, l = 1 \dots k_i - 1 \quad (7)$$

$$min_temps(i) \leq t_{k_i,i} + d(r_{k_i,i}) - t_{1,i}, \quad i = 1 \dots I \quad (8)$$

$$max_temps(i) \geq t_{k_i,i} + d(r_{k_i,i}) - t_{1,i}, \quad i = 1 \dots I \quad (9)$$

$$Id(i) \leq t_{1,i}, \quad i = 1 \dots I \quad (10)$$

$$t_{k_i,i} + d(r_{k_i,i}) \leq If(i), \quad i = 1 \dots I \quad (11)$$

$$QR(r_{l,i}) \subseteq QI(i), \quad i = 1 \dots I, l = 1 \dots k_i \quad (12)$$

Figure 3.1 Formulation mathématique du problème de MAD

La fonction objectif à minimiser est une combinaison de deux sommes, soit la somme pondérée des temps de parcours et la somme pondérée des temps de service.

Dans (1), la double somme accumule les temps de parcours entre deux clients consécutifs pour tous les horaires. Cette valeur est normalisée en la rapportant à une limite inférieure et supérieure du temps de parcours total. Posons, par exemple LI_{tps_prcs} comme étant la somme des temps de parcours les plus petits, calculée entre les clients, qui est donnée par l'application de l'algorithme du plus court chemin. De la même manière, nous utiliserons la somme des temps de parcours les plus longs pour LS_{tps_prcs} . Par contre, (2) modélise le temps de service total d'une infirmière. Les paramètres $LI_{tps_srv} = \sum_{i \in \mathcal{S}} \min_temps(i)$ et $LS_{tps_srv} = \sum_{i \in \mathcal{S}} \max_temps(i)$ représentent, respectivement, la limite inférieure et supérieure du temps de service.

Les contraintes (3), (4), (5), (6), (7), (8), (9), (10), (11) et (12) représentent les contraintes restrictives, qui doivent forcément être respectées. La contrainte (4) indique que nous devons couvrir tous les RV dans la planification de nos horaires. Les contraintes (5) spécifient qu'aucun RV n'est couvert plus qu'une fois. Les contraintes (6) vérifient que l'heure de début de service pour chaque RV se situe bien à l'intérieur de la fenêtre de temps exigée. Les contraintes (7) assurent que l'heure de début de service du RV $r_{l,i}$ additionnée à la durée de traitement associée à ce RV, ainsi qu'à la durée de parcours entre les localisations des RV $r_{l,i}$ et $r_{l+1,i}$ soit inférieure à l'heure de début de service du RV $r_{l+1,i}$. Les contraintes (8) et (9) garantissent que les limites inférieure et supérieure du temps de service de chaque infirmière $i \in \mathcal{S}$ soient respectées. Les contraintes (10) et (11) précisent qu'aucun client n'est servi en dehors de la fenêtre de temps associée à chaque infirmière. La contrainte (12) spécifie que

les qualifications requises pour un RV doivent être couvertes par les qualifications que possède l'infirmière à laquelle ce RV est assigné.

La fonction objectif du modèle mathématique donné par la Figure 3.1 a été formulée sur des bases « classiques » comme la minimisation de la durée de service et du temps de parcours. Cependant, avec l'introduction de la notion de balancement de la charge de travail entre les infirmières, d'autres objectifs devraient être considérés; le problème de MAD devient alors un problème multi-objectif. De plus, le problème de tournées de véhicules est NP-difficile et ses variantes sont NP-difficiles par restriction, leur résolution par méthodes exactes peut exiger des temps de calculs prohibitifs. Tous ces faits amènent à une approche de résolution heuristique pour le contexte du MAD, d'autant plus que la résolution de ce problème d'une façon exacte ne correspond pas aux besoins du personnel du CLSC Côte-des-Neiges. En effet, puisque les règles et les règlements pour le MAD changent fréquemment, et diffèrent également d'un organisme à un autre, il y a un besoin de flexibilité dans, aussi bien les possibilités de modélisation que les approches algorithmiques. L'objectif du personnel du CLSC se résume dans l'obtention de bons horaires ou tournées respectant les contraintes mentionnées ci-dessus. Nous avons remarqué que ce personnel se méfie des solutions complètement automatisées et recherche une certaine flexibilité dans la confection de leurs tournées.

Dans ce qui suit, nous allons identifier les objectifs (indicateurs) à considérer pour le problème de MAD. Nous présenterons également les heuristiques de résolution, qui tentent de trouver une solution au problème de MAD dans un laps de temps raisonnablement court et qui garantissent la flexibilité recherchée.

3.2 Indicateurs de performance

À travers la revue de littérature et l'étude du contexte du MAD, différents indicateurs de performance (objectifs) ont donc été identifiés. D'autres ont été

déduits à la lumière des informations et des commentaires fournis par le personnel de MAD au CLSC Côte-des-Neiges.

Cette section traite de la description de ces indicateurs de performance, qui serviront plus tard à évaluer la qualité des heuristiques développées notamment en terme de balancement de la charge de travail entre les infirmières. Ces indicateurs serviront également à réaliser une étude comparative entre ces heuristiques.

Il est important de souligner que nous avons groupé ces indicateurs en trois catégories, soient : (1) les indicateurs relatifs au respect de la fonction objectif, (2) les indicateurs relatifs au respect des contraintes restrictives et (3) les indicateurs relatifs au respect des contraintes flexibles du problème à l'étude. Il est à noter que ces indicateurs peuvent être de deux types, soient des critères d'évaluation singulière, qui portent sur l'évaluation de chaque route bâtie, ou des indicateurs d'évaluation globale qui évaluent l'ensemble de toutes les tournées.

3.2.1 Indicateurs de respect de la fonction objectif du problème

Les indicateurs spécifiques au respect de la fonction objectif du problème portent soit sur la minimisation de la durée de déplacement totale ou sur le balancement des routes.

3.2.1.1 Indicateur 1

Le premier indicateur à l'étude consiste à calculer *le rapport de l'écart entre la durée de déplacement totale et la limite inférieure du temps de parcours par rapport à la limite inférieure du temps de parcours*. La limite inférieure du temps de parcours LI_{tps_pres} représente le temps de parcours le plus petit, calculé entre tous les clients. D'un point de vue mathématique, cet indicateur peut être formulé comme suit :

$$\text{Indicateur 1} = \frac{\sum_{i=1}^I \sum_{l=0}^{k_i} TP(r_{l,i}, r_{l+1,i}) - LI_{tps_prcs}}{LI_{tps_prcs}}$$

Cet indicateur constitue un critère d'évaluation globale, particulièrement intéressant puisqu'il permet de comparer la durée de déplacement totale au temps de parcours le plus petit, obtenu si nous considérons le problème de MAD comme étant uniquement un problème de minimisation de la distance parcourue. Le calcul de LI_{tps_prcs} ne tient donc pas compte du critère de balancement de la charge de travail entre les infirmières, mais considère les fenêtres de temps (infirmières et RV) du problème de MAD. LI_{tps_prcs} est donné par le minimum des deux temps de parcours obtenus en appliquant respectivement l'algorithme 7 et l'algorithme 8.

Bien qu'il soit difficile d'avoir un écart nul, vue la complexité du problème et les contraintes qu'il faut respecter, cet indicateur nous fournit toutefois une idée sur la qualité des méthodes de résolution en terme de minimisation de la durée totale de déplacement. Il est important de minimiser le temps de déplacement total, qui se traduit par le temps perdu en transport ou passé en voiture, et qui constitue donc une activité à non valeur ajoutée. De Plus, le temps de déplacement a une influence considérable sur le degré de satisfaction des infirmières. En fait, il est clair que le déplacement par voiture nécessite une attention particulière de la part des infirmières, une concentration accrue et un effort visuel considérable qui prennent de l'importance au fur et à mesure que le temps de parcours augmente. Vient ensuite l'effet du trafic qui peut varier proportionnellement à la durée de déplacement. Avec toute évidence, tous ces facteurs jouent sur le tempérament des infirmières et peuvent générer nervosité et stress au travail, c'est la raison pour laquelle elles préfèrent toutes de courts

trajets. Il ne faut pas oublier non plus que plus le temps de déplacement est important, plus les coûts associés au MAD augmentent. La combinaison de tous ces facteurs rendent la minimisation du temps de déplacement un objectif de grande importance pour la résolution du problème de MAD.

3.2.1.2 Indicateur 2

Le deuxième indicateur à l'étude consiste à calculer *l'écart entre les nombres de visites effectuées par les infirmières et la charge de travail exprimée en fonction du nombre maximal de visites à effectuer par infirmière*. La charge de travail est obtenue en divisant le nombre total de visites effectuées par toutes les infirmières par le nombre d'infirmières. Mathématiquement, cet indicateur, ainsi que la charge de travail peuvent être formulés comme suit :

$$\text{Indicateur } 2 = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^I (k_i - \text{ch arg e_nbre})^2}{I}}$$

$$\text{ch arg e_nbre} = \frac{\sum_{i=1}^I k_i}{I}$$

Il s'agit dans ce cas d'un indicateur d'évaluation globale qui évalue les routes générées en terme de balancement de la charge de travail. Il est clair que si cet indicateur est relativement grand, il y a systématiquement un déséquilibre entre les charges de travail des infirmières en terme du nombre de visites effectuées. Il faut donc veiller à minimiser le plus possible cet indicateur qui est déterminant vis-à-vis de la satisfaction des infirmières.

Le niveau de balancement de la charge de travail entre les infirmières peut être évalué de plusieurs manières. Il peut être estimé entre autres par le nombre de visites effectuées par chaque infirmière. Certes, ce nombre ne reflète pas

nécessairement la durée totale de traitement correspondant à chacune des infirmières. Toutefois, il nous fournit un aperçu global sur d'autres indicateurs notamment la quantité de matériel transporté et le temps de déplacement total.

3.2.1.3 Indicateur 3

Le troisième indicateur consiste à calculer *l'écart entre les durées d'intervention (ou traitement) totales correspondant aux infirmières et la charge de travail exprimée en fonction de la durée de traitement maximale à effectuer par infirmière*. La charge de travail est obtenue en divisant la somme des durées de traitement de toutes les infirmières par le nombre d'infirmières. Mathématiquement, cet indicateur, ainsi que la charge de travail peuvent être formulés comme suit :

$$\text{Indicateur 3} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^I \left(\sum_{l=1}^{k_i} d(r_{l,i}) - \text{charge_trait} \right)^2}{I}}$$

$$\text{charge_trait} = \frac{\sum_{i=1}^I \sum_{l=1}^{k_i} d(r_{l,i})}{I}$$

Il s'agit dans ce cas d'un critère d'évaluation globale qui, par analogie avec l'indicateur 2, nous permet de juger de la qualité des routes générées en terme de balancement de la charge de travail. Il est clair que, plus cet indicateur est grand, plus le déséquilibre entre les charges de travail des infirmières est important.

La notion de durée de traitement correspondant à chacune des infirmières constitue un bon critère qui nous permet d'évaluer le niveau de balancement de la charge de travail entre ces dernières. En effet, il nous fournit une idée sur le

temps que passe chaque infirmière auprès des clients, qui constitue l'activité à valeur ajoutée, nécessitant concentration, vigilance et habileté de la part des intervenants. Pour une question d'équité entre les infirmières, il faut donc tenter de rapprocher le plus possible les durées de traitement correspondants à chacune d'elles à la charge.

3.2.1.4 Indicateur 4

Le quatrième indicateur consiste à calculer *l'écart entre les durées totales de déplacement des infirmières et le temps de parcours moyen*. Ce dernier est obtenu en additionnant les durées totales de déplacement des infirmières et en divisant cette somme par le nombre d'infirmières disponibles. La charge de travail en terme de nombre de visites ou encore de durée de traitement est fixe quelque soit la méthode de résolution utilisée car ces paramètres sont des données du problème à l'étude. Il est donc possible de déterminer cette charge avant l'application de l'algorithme de résolution. Par contre, nous ne pouvons pas calculer la charge de travail en terme de temps de parcours puisque cette durée varie selon l'heuristique utilisée. Nous utilisons donc une moyenne de temps de parcours, qui ne peut être obtenue qu'une fois la méthode de résolution soit appliquée. D'un point de vue mathématique, cet indicateur peut être exprimé comme suit :

$$\text{Indicateur 4} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^I \left(\left(\sum_{l=0}^{k_i} TP(r_{l,i}, r_{l+1,i}) \right) - \text{moy_depl} \right)^2}{I}}$$

$$\text{moy_depl} = \frac{\sum_{i=1}^I \sum_{l=0}^{k_i} TP(r_{l,i}, r_{l+1,i})}{I}$$

Il s'agit d'un critère d'évaluation globale qui évalue la qualité des tournées générées en terme de balancement de la charge de travail. Plus cet indicateur est grand, plus le déséquilibre entre les charges de travail des infirmières est important. En effet, en se référant à l'indicateur 1, il est possible de déduire que le temps de déplacement a une influence considérable sur la productivité des infirmières, ainsi que leurs humeurs. Pour une question d'équité, il est donc préférable d'avoir, dans la mesure du possible, des durées de parcours égales entre les infirmières.

3.2.1.5 Indicateur 5

Cet indicateur consiste à calculer *l'écart des durées de service des infirmières par rapport à la moyenne des temps de service*. La durée de service de chaque intervenant est obtenue en additionnant la durée totale de traitement au temps de déplacement total pour chacune des routes. Par contre, la moyenne des temps de service est calculée en additionnant les durées de service des différents intervenants et en divisant cette somme par le nombre d'infirmières disponibles. Mathématiquement, cet indicateur peut être formulé comme suit :

$$\text{Indicateur 5} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^I \left(\left(\sum_{l=0}^{k_i} TP(r_{l,i}, r_{l+1,i}) + \sum_{l=1}^{k_i} d(r_{l,i}) \right) - \text{moy_serv} \right)^2}{I}}$$

$$\text{moy_serv} = \frac{\sum_{i=1}^I \left(\sum_{l=0}^{k_i} TP(r_{l,i}, r_{l+1,i}) + \sum_{l=1}^{k_i} d(r_{l,i}) \right)}{I}$$

Cet indicateur constitue un critère d'évaluation globale qui évalue les routes générées en terme de balancement de la charge de travail. Il est clair que, plus cet indicateur est grand, plus le déséquilibre entre les charges de travail des

infirmières est important. Toutefois, à travers l'étude des caractéristiques du problème de MAD, il est possible de constater qu'il est parfois difficile d'obtenir des routes avec des durées de services égales à la charge de travail et qu'un écart relativement négligeable doit être accepté.

Tel que décrit dans la revue de littérature, le balancement de la charge de travail en terme de durée de service a été considéré par plusieurs chercheurs. Pour juger de la qualité des solutions générées en terme de balancement de la charge de travail, la majorité de ces derniers calculent la différence entre la route la plus longue et la route la plus courte en terme de temps de service. Toutefois, ce critère ne reflète pas nécessairement le niveau d'équilibre entre les charges de travail. En effet, une différence de temps de service entre la route la plus longue et la route la plus courte qui nous semble être négligeable peut être considérable si nous la comparons à la charge de travail exprimée en terme de temps de service. C'est la raison pour laquelle il est plutôt intéressant de calculer l'écart-type des durées de service des infirmières par rapport à la moyenne des temps de service.

3.2.2 Indicateurs de respect des contraintes restrictives du problème

Cette section est consacrée aux indicateurs relatifs au respect des contraintes restrictives du problème de MAD.

3.2.2.1 Indicateur 6

Cet indicateur consiste à compter *le nombre de rendez-vous (à jeun et AM) qui sont confiés à l'équipe de surplus ou aux agences privées*. Il s'agit d'un critère d'évaluation globale dont la finalité serait de savoir si les infirmières arrivent à couvrir tous les rendez-vous de la journée, une contrainte restrictive du problème de MAD. Comme il a été expliqué dans le premier chapitre, les infirmières font appel à l'équipe de surplus ou au personnel des agences

lorsqu'elles sont incapables de répondre à la demande de leurs clients. Certes le recours à l'aide de ce personnel permet d'absorber les pointes de la demande de l'ensemble du territoire et de satisfaire les besoins des clients, toutefois, il engendre des coûts supplémentaires au CLSC (paiement de ces intervenants à l'heure). Il est clair que le nombre de clients confiés à l'équipe de surplus dépend considérablement de la méthode de résolution utilisée et de la manière dont les RV sont ordonnancés. Ainsi, la qualité de l'heuristique de résolution utilisée peut être évaluée à travers cet indicateur, critère qu'il faut veiller à minimiser.

3.2.2.2 Indicateur 7

Cet indicateur consiste à calculer *le nombre total d'heures confiées à l'équipe de surplus ou aux agences privées qui correspondent à la durée totale de traitement des RV (à jeun et AM) qui leur sont assignés*. Cet indicateur constitue un critère d'évaluation globale qui nous permettra de juger de la qualité de la méthode de résolution utilisée. Plus cet indicateur est petit, meilleure sera la qualité des tournées générées. En effet, les coûts supplémentaires engendrés par le recours du CLSC au personnel de l'équipe de surplus varient proportionnellement avec le nombre d'heures de traitement qui lui sont confiées puisqu'il est payé à l'heure. Jumelé à l'indicateur 7, le calcul du nombre d'heures confiées à l'équipe de surplus nous permet donc d'avoir une idée sur la qualité des tournées générées.

3.2.2.3 Indicateur 8

Cet indicateur permet de compter, pour chacune des routes bâties, *le nombre de rendez-vous qui sont ordonnancés en dehors des fenêtres de temps des périodes qui leurs sont associées*. Il s'agit d'un critère d'évaluation singulière dont l'objectif se résume au respect des fenêtres de temps des visites qui constitue une des contraintes restrictives du problème de MAD. Il est clair que

ce nombre dépend considérablement de la méthode de résolution utilisée et de la manière dont ces rendez-vous sont ordonnancés. La qualité de la méthode de résolution utilisée sera ainsi évaluée à travers cet indicateur qu'il faut tenter de minimiser.

3.2.2.4 Indicateur 9

Cet indicateur permet de compter, pour chacune des routes bâties, *le nombre de rendez-vous qui sont ordonnancés en dehors des fenêtres de temps des infirmières*. Il s'agit d'un critère d'évaluation singulière dont l'objectif se résume au respect des fenêtres de temps des infirmières qui constitue une des contraintes restrictives du problème de MAD. Incontestablement, l'idéal serait d'ordonner les rendez-vous à l'intérieur des fenêtres de temps des intervenants, toutefois, la complexité du problème d'ordonnancement, le manque de ressources financières et humaines, ainsi que les imprévus de la demande font que, parfois, il est inévitable de visiter quelques clients en dehors des horaires de travail des infirmières. Il est clair que le nombre de visites ordonnancées en dehors des fenêtres de temps des infirmières constituant notre indicateur dépend notamment de la méthode de résolution utilisée et de la manière dont ces rendez-vous sont ordonnés. Il faut donc veiller à minimiser cet indicateur, critère qui nous permet de juger de la qualité de l'heuristique de résolution utilisée.

3.2.2.5 Indicateur 10

Cet indicateur permet de calculer *l'écart entre la durée de service de chaque infirmière et le temps de travail* qui lui est associé. La durée de service de chaque intervenant est obtenue en additionnant sa durée totale de traitement à son temps total de déplacement. Par contre le temps de travail de chaque infirmière est donné par les bornes inférieure et supérieure de la fenêtre de

temps qui lui est associée. D'un point de vue mathématique, cet indicateur peut être exprimé comme suit :

$$\text{Indicateur 10} = \frac{\left(\sum_{l=0}^{k_i} TP(r_{l,i}, r_{l+1,i}) + \sum_{l=1}^{k_i} d(r_{l,i}) \right) - Tps_travail(i)}{Tps_travail(i)}$$

avec $Tps_travail(i) = (If(i) - Id(i))$ pour $i = 1 \dots I$

Il s'agit d'un critère d'évaluation singulière, qui porte spécifiquement sur le respect du temps de travail de chaque infirmière et qui constitue une des contraintes restrictives du problème de MAD.

La fenêtre de temps associée à chaque infirmière donne l'intervalle à l'intérieur duquel toutes les visites doivent être amorcées. Il peut arriver donc qu'une visite débute avant la fin de la fenêtre restrictive d'une infirmière mais se termine après celle-ci. Dans ce cas, l'infirmière en question travaille un temps supplémentaire et le calcul de l'indicateur donne une valeur positive. Par contre, dans le cas où tous les RV assignés à une infirmière débutent et prennent fin avant la fin de la fenêtre de temps de celle-ci, alors le calcul de l'indicateur donne une valeur négative. Il est intéressant de comparer cet indicateur aux bornes inférieure et supérieure de la durée de service fixées par le CLSC pour savoir s'il y a respect ou non du temps de travail de chaque infirmière.

3.2.2.6 Indicateur 11

Cet indicateur permet de compter le *nombre de rendez-vous dont les qualifications requises ne sont pas couvertes par les qualifications que possède l'infirmière qui leur est assignée*. Cet indicateur constitue un critère d'évaluation singulière, qui porte spécifiquement sur la couverture des qualifications requises pour un rendez-vous par les qualifications que possède l'infirmière qui lui est

assignée, contrainte restrictive du problème de MAD. Évidemment, il faut veiller à minimiser cet indicateur car il influe directement sur la qualité de service et des soins prodigués et par conséquent sur la satisfaction des clients. Ainsi, plus cet indicateur est faible, meilleure sera la qualité de l'heuristique de résolution utilisée.

3.2.3 Indicateurs de respect des contraintes flexibles du problème

Cette section est consacrée aux indicateurs relatifs au respect des contraintes flexibles du problème de MAD. Ces contraintes se rapportent à la satisfaction aussi bien des préférences des patients que celles des infirmières. Le respect des préférences est un facteur important à considérer dans le problème du MAD. En effet, il agit énormément sur la qualité des soins, notamment dans le cas des infirmières car le fait de considérer leurs préférences ne fera qu'augmenter leur motivation et leur productivité.

Dans la section 3.1 de ce chapitre, nous avons décidé d'omettre les contraintes flexibles dans la modélisation du problème de MAD. Il importe toutefois d'observer leur variation à travers les indicateurs, ainsi que leur niveau d'influence sur la qualité des heuristiques de résolution développées.

3.2.3.1 Indicateur 12

Cet indicateur permet de compter, pour chacune des infirmières, le *nombre de rendez-vous qui ne répondent pas au critère de satisfaction de la langue parlée par le patient* qui lui est assigné. Il s'agit d'un critère d'évaluation singulière, qui compte parmi les préférences des patients. En effet, la langue parlée par le patient, information qui est transcrite sur le Cardex de celui-ci, constitue un critère de valeur vis-à-vis de la satisfaction des clients ainsi que de la qualité de service. Incontestablement, l'idéal serait d'assigner un patient à une infirmière qui parle sa langue. Néanmoins, la complexité du problème d'ordonnancement,

ainsi que le manque de ressources financières et humaines font que, parfois, il est inévitable de violer cette contrainte. Ainsi, plus cet indicateur est faible, meilleure sera la qualité de l'heuristique de résolution utilisée.

3.2.3.2 Indicateur 13

Cet indicateur permet de compter, pour chacune des infirmières, le *nombre de RV dont les secteurs correspondent à ceux qui lui sont habituellement assignés*. Il s'agit d'un critère d'évaluation singulière, qui compte parmi les préférences aussi bien des patients que des infirmières. En effet, tel que décrit dans le premier chapitre de ce mémoire, le découpage territorial favorise la continuité des soins et assure la qualité de service. Toutefois, la fluctuation de la demande et le déséquilibre de la charge de travail entre les infirmières sont autant de facteurs qui poussent à la violation de cette approche. Il est donc intéressant de maximiser ce critère afin de garantir la satisfaction des clients et des infirmières et d'observer sa variation selon la méthode de résolution utilisée.

3.2.3.3 Indicateur 14

Cet indicateur permet de compter, pour chacune des routes, le *nombre de secteurs distincts visités par l'infirmière qui lui est assignée*. Il s'agit d'un critère d'évaluation singulière, qui compte parmi les préférences des infirmières. Il est clair que la durée de déplacement, ainsi que le temps perdu pour la recherche d'un stationnement varient proportionnellement avec le nombre de secteurs distincts visités. Dans le but de réduire ces activités à non valeur ajoutée et de garantir la satisfaction des infirmières, il faut donc minimiser le plus possible cet indicateur.

3.2.3.4 Indicateur 15

Cet indicateur consiste à compter, pour chacune des routes, le *nombre de types de traitement distincts ou de soins à prodiguer*. Le type de traitement à

prodiguer peut être donné par le code du profil d'intervention, transmis à la Régie régionale de la santé (Services liés à une déficience intellectuelle, Services aux femmes enceintes, clientèle NES, Service en alcoolisme et autres toxicomanies, etc.). Il s'agit d'un critère d'évaluation singulière dont la finalité serait d'estimer la quantité de matériel transporté par chaque intervenant et d'évaluer par conséquent le niveau de satisfaction des infirmières. Il importe de rappeler que les méthodes de résolution utilisées sont basées sur un groupement par localisation géographique et non sur un groupement par type de soins. Il est toutefois intéressant d'observer la variation d'un tel indicateur selon l'heuristique utilisée et juger de la qualité de cette dernière quant au respect des préférences des infirmières.

3.2.3.5 Indicateur 16

Cet indicateur consiste à calculer, *parmi les secteurs qui sont assignés à chaque infirmière, le nombre de ceux qui présentent un problème de stationnement*. Il s'agit d'un critère d'évaluation singulière qui se rapporte au respect des préférences des infirmières. En effet, il importe de rappeler que la recherche d'un stationnement constitue une activité à non valeur ajoutée, qui génère stress et nervosité pour les infirmières, ainsi qu'une perte de temps considérable. Il est important de souligner que certains secteurs présentent plus de problèmes de stationnement que d'autres. Ceci est dû principalement au fait qu'il existe plus de concentration d'habitants dans certains secteurs que dans d'autres, comme il a été mentionné au premier chapitre de ce mémoire. Compte tenu de ces faits, le temps nécessaire à la recherche d'une place de stationnement peut être négligeable dans certains secteurs et relativement important dans d'autres. Afin de garantir un niveau de satisfaction optimal des infirmières, il est donc important d'avoir, dans la mesure du possible, une distribution uniforme de ces types de secteurs sur l'ensemble du personnel

infirmier disponible. Il faut également tenter de minimiser cet indicateur, car plus il est faible, meilleure sera la qualité de la méthode de résolution utilisée.

3.2.3.6 Indicateur 17

Cet indicateur consiste à calculer, *parmi les secteurs qui sont assignés à chaque infirmière, le nombre de ceux qui présentent un problème de trafic*. Il s'agit d'un critère d'évaluation singulière qui se rapporte au respect des préférences des infirmières. En effet, il importe de rappeler que la congestion routière joue énormément sur le tempérament des infirmières, mis à part le fait qu'elle vient limiter la productivité de ces dernières en les retardant constamment. Par ailleurs, il est important de souligner que certains secteurs sont plus congestionnés que d'autres. Afin de garantir un niveau de satisfaction optimal des infirmières, il est donc important d'avoir, dans la mesure du possible, une distribution uniforme de ces types de secteurs sur l'ensemble du personnel infirmier disponible. Il faut également tenter de minimiser cet indicateur, car plus il est faible, meilleure sera la qualité de la méthode de résolution utilisée.

3.2.3.7 Indicateur 18

Cet indicateur consiste à calculer, *parmi les patients qui sont assignés à chaque infirmière, le nombre de ceux qui représentent des cas « lourds »*. Il s'agit d'un critère d'évaluation singulière qui se rapporte au respect des préférences des infirmières. La lourdeur représente en quelque sorte la difficulté physique et mentale qu'occasionne un client et est difficile à évaluer. Elle peut toutefois être reflétée par le temps d'intervention ou encore le type de soins à prodiguer. Pour une question d'équité entre les infirmières et afin de garantir un niveau de satisfaction optimal de ces dernières, il est important d'avoir une distribution uniforme des cas dits lourds sur l'ensemble du personnel infirmier disponible. Il

faut également tenter de minimiser cet indicateur, car plus il est faible, meilleure sera la qualité de la méthode de résolution utilisée.

3.2.4 Retour sur les indicateurs

Afin de réaliser une étude comparative entre les diverses heuristiques de résolution développées, nous avons bâti dix-huit indicateurs de performance. Ces derniers sont résumés dans le Tableau 3.2 ci-dessous.

Tableau 3.1 Indicateurs de performance

	Indicateur	Nom	Évaluation singulière/ globale	À minimiser / à maximiser
Respect de la fonction objectif	Indicateur 1	Écart durée de déplacement / limite inférieure	globale	à minimiser
	Indicateur 2	Écart nombre de RV / charge de travail (RV)	globale	à minimiser
	Indicateur 3	Écart durée de traitement / charge de travail (durée de traitement)	globale	à minimiser
	Indicateur 4	Écart durée de déplacement / temps de parcours moyen	globale	à minimiser
	Indicateur 5	Écart durée de service / temps de service moyen	globale	à minimiser
Respect des contraintes restrictives	Indicateur 6	Nombre de RV équipe de surplus	globale	à minimiser
	Indicateur 7	Durée de traitement équipe de surplus	globale	à minimiser
	Indicateur 8	Nombre de RV hors fenêtres de temps périodes	singulière	à minimiser
	Indicateur 9	Nombre de RV hors fenêtres de temps infirmières	singulière	à minimiser
	Indicateur 10	Écart durée de service / temps de travail	singulière	à minimiser
	Indicateur 11	Nombre de RV avec qualifications non couvertes	singulière	à minimiser
Respect des contraintes flexibles	Indicateur 12	Nombre de RV avec langues non satisfaites	singulière	à minimiser
	Indicateur 13	Nombre de RV habituellement assignés	singulière	à maximiser
	Indicateur 14	Nombre de secteurs distincts visités	singulière	à minimiser
	Indicateur 15	Nombre de types de traitement distincts	singulière	à minimiser
	Indicateur 16	Nombre de secteurs avec problème de stationnement	singulière	à minimiser
	Indicateur 17	Nombre de secteurs avec problème de trafic	singulière	à minimiser
	Indicateur 18	Nombre de cas lourds	singulière	à minimiser

3.3 Méthodes de résolution

Dans cette section, nous décrivons les différentes méthodes de résolution du problème de MAD. Ces heuristiques devraient permettre à la fois de maximiser

l'utilisation des ressources disponibles et de minimiser les temps de déplacements. Ces méthodes devraient en outre garantir un équilibre entre les charges de travail des infirmières.

Les méthodes développées ont été codées en utilisant le langage VBA de la plate forme Microsoft Access. Les principales étapes de chaque heuristique sont décrites dans les sections qui suivent.

Par ailleurs, le système d'information géographique Microsoft MapPoint a été utilisé afin de déterminer la matrice des temps de parcours pour l'ensemble des paires origine-destination du problème. Nous avons localisé chaque RV à l'aide du secteur qui lui est associé et nous avons calculé les durées de déplacement entre les paires de RV. Ce calcul est fait pour les paires puisque les distances à parcourir dans un réseau routier ne sont pas forcément symétriques.

3.3.1 Méthode de résolution 1

La première heuristique que nous proposons constitue une approche de construction parallèle qui bâtit les tournées simultanément. L'assignation des RV aux infirmières est faite au même temps que les RV sont ordonnancés. Cette méthode regroupe les RV selon leur période, c'est-à-dire qu'elle assigne en premier temps les RV « à jeun » puis, dans un deuxième, les RV « AM ». Le CLSC est fixé comme point de départ pour toutes les tournées et les patients (ou RV) sont ajoutés graduellement à la route. Le critère d'assignation des RV est basé sur le calcul d'une fonction $Z_{i,j}$, pour tout i et j , qui peut être exprimée comme suit : $Z_{i,j} = TP(r_{k_i,i}, r_j) + td_{k_i,i} + d(r_j)$. $Z_{i,j}$ constitue donc le temps de service de chaque infirmière.

Il est important de rappeler que $r_{k_i,i}$ correspond au dernier RV assigné à l'infirmière i , inscrit dans son horaire $H(i)$ à un moment donné de l'algorithme. Par contre r_j désigne un RV non assigné ($j = 1, \dots, R$).

Une fois que le calcul de tous les $Z_{i,j}$ est fait, il faut sélectionner le $Z_{i,j}$ le plus petit, soit $Z_{i,j}^*$. S'il y a respect des contraintes du problème, alors il sera possible d'assigner le RV r_{j^*} à l'infirmière i^* , sinon il faudrait choisir un autre $Z_{i,j}$. Si tous les $Z_{i,j}$ ont été testés et qu'il n'y a pas de respect des contraintes du problème, les RV non assignés devraient être renvoyés à l'équipe de surplus. Une fois que tous les patients sont assignés, le retour au CLSC est ajouté à chaque parcours.

À travers la sélection du $Z_{i,j}$ le plus petit, la méthode de résolution 1 minimise l'écart entre les temps de service des infirmières, qui n'est d'autres que la somme du temps de parcours et de la durée de traitement, tout en prenant en considération les contraintes du problème du MAD. Au niveau de cette méthode, le balancement de la charge de travail est donc fait en fonction du temps de service.

Dans ce qui suit, nous expliquons davantage la démarche de l'heuristique de résolution 1. Quelques variables ont été ajoutées dans le but de décrire les étapes de l'algorithme 1, soient :

- CNV = Compteur du nombre de visites effectuées pour une période donnée (« à jeun » ou « AM »);
- $CNVT$ = Compteur du nombre total de visites effectuées (dont la période correspond à « à jeun » ou « AM »);

- CNR = Compteur du nombre de visites renvoyées à l'équipe de surplus pour une période donnée (« à jeun » ou « AM »);
- $CNRT$ = Compteur du nombre total de visites renvoyées à l'équipe de surplus (dont la période correspond à « à jeun » ou « AM »);
- q = Indice correspondant à la position du $Z_{i,j}$ suite à l'ordonnancement des $Z_{i,j}$ du plus petit au plus grand.

Voici les principales étapes de l'Algorithme 1

1. Extraire la liste des RV du jour
2. Renvoyer les RV « PM », « soir » et « tel » à l'équipe de surplus
3. Extraire les RV « à jeun » et « AM »
 - a. Initialiser l'ensemble des RV à ordonnancer \mathcal{R}
 - b. Calculer R
 - c. Initialiser $CNVT$ à 0
 - d. Initialiser $CNRT$ à 0
4. Initialiser l'ensemble des infirmières \mathcal{S}
 - a. Calculer I
 - b. Pour chaque infirmière i ($i \in \mathcal{S}$), faire
 - Initialiser $Id(i)$ et $If(i)$
5. Extraire les RV « à jeun »
 - a. Initialiser l'ensemble des RV « à jeun » \mathcal{N}
 - b. Calculer N
 - c. Initialiser CNV à 0
 - d. Initialiser CNR à 0
 - e. Pour chaque RV $r_n, n \in \mathcal{N}$, faire
 - Initialiser $Rd(r_n)$ et $Rf(r_n)$
6. Si $N \neq 0$, faire
 - a. Pour chaque infirmière i ($i \in \mathcal{S}$), faire
 - Initialiser $r_{0,i}$ à CLSC
 - Initialiser $r_{k_i,i}$ à $r_{0,i}$
 - Initialiser $t_{0,i}$ à $Id(i)$
 - Initialiser et calculer $td_{0,i} = t_{0,i} + d(r_{0,i}) = Id(i)$
 - Initialiser $td_{k_i,i}$ à $td_{0,i}$
 - Initialiser $H(i)$ à $[(r_{0,i}, t_{0,i})]$
 - b. Pour chaque infirmière i ($i \in \mathcal{S}$), faire

- Pour chaque RV $r_n, n \in \mathcal{R}$, faire
 - Calculer $TP(r_{k_i,i}, r_n)$
 - Calculer $td_{k_i,i} = t_{k_i,i} + d(r_{k_i,i})$
 - Calculer $Z_{i,n} = TP(r_{k_i,i}, r_n) + td_{k_i,i} + d(r_n)$
- c. Ordonner les $Z_{i,n}$ du plus petit au plus grand et selon l'ordre leur assigner une valeur de $q = 1, \dots, (N - CNV) * I$
- d. Sélectionner $Z_{i,n}^q \quad q = 1$
 - $Z_{i,n}^* \leftarrow Z_{i,n}^q$
 - Déterminer les valeurs de i^* et n^* correspondant à $Z_{i,n}^*$
- e. Calculer $A_{i^*,n^*} = TP\left(r_{k_{i^*,i^*}}, r_{n^*}\right) + td_{k_{i^*,i^*}}$
- f. Si $A_{i^*,n^*} < If(i^*)$ et $A_{i^*,n^*} > Rd(r_{n^*})$ et $A_{i^*,n^*} < Rf(r_{n^*})$ et $(CNV + CNR) \neq N$, faire
 - Affecter le RV r_{n^*} à l'infirmière i^*
 - Remplacer r_{n^*} par $r_{k_{i^*,i^*}}$
 - Retirer le RV r_{n^*} de l'ensemble des RV « à jeun » : $\mathcal{R} \setminus n^*$
 - Retirer le RV r_{n^*} de l'ensemble des RV : $\mathcal{R} \setminus n^*$
 - Mettre à jour $H(i^*)$
 - Incréments CNV de 1
 - Incréments $CNVT$ de 1
 - $q \leftarrow 1$
 - Aller à l'Étape 6.b.
- g. Si $A_{i^*,n^*} > If(i^*)$ ou $A_{i^*,n^*} < Rd(r_{n^*})$ ou $A_{i^*,n^*} > Rf(r_{n^*})$ et $(CNV + CNR) \neq N$, faire
 - Si $q \neq (N - CNV) * I$, faire
 - Incréments q de 1
 - Sélectionner $Z_{i,n}^q$
 - $Z_{i,n}^* \leftarrow Z_{i,n}^q$
 - Déterminer les valeurs de i^* et n^* correspondant à $Z_{i,n}^*$

- Aller à l'étape 6.e.
 - Si $q = (N - CNV) * I$, faire
 - Pour chaque RV $r_n, n \in \mathcal{N}$, faire
 - Affecter r_n à l'équipe de surplus
 - Retirer le RV r_n de l'ensemble des RV « à jeun » : $\mathcal{N} \setminus n$
 - Retirer le RV r_n de l'ensemble des RV : $\mathcal{R} \setminus n$
 - Incrémenter CNR de 1
 - Incrémenter $CNRT$ de 1
 - h. Si $(CNV + CNR) = N$ et $(CNVT + CNRT) \neq R$, faire
 - Initialiser l'ensemble des RV « AM » \mathcal{N}
 - Calculer M
 - Initialiser CNV à 0
 - Initialiser CNR à 0
 - Pour chaque RV $r_m, m \in \mathcal{N}$, faire
 - Initialiser $Rd(r_m)$ et $Rf(r_m)$
 - Aller à l'Étape 6.b. en remplaçant \mathcal{N} par \mathcal{N} , N par M et n par m
 - i. Si $(CNV + CNR) = N$ et $(CNVT + CNRT) = R$, faire
 - Arrêter Algorithme 1
7. Si $N = 0$, faire
- a. Initialiser l'ensemble des RV « AM » \mathcal{N}
 - b. Calculer M
 - c. Si $M \neq 0$, faire
 - Initialiser CNV à 0
 - Initialiser CNR à 0
 - Pour chaque RV $r_m, m \in \mathcal{N}$, faire
 - Initialiser $Rd(r_m)$ et $Rf(r_m)$
 - Aller à l'Étape 6.a. en remplaçant \mathcal{N} par \mathcal{N} , N par M et n par m
 - d. Si $M = 0$, faire
 - Arrêter Algorithme 1

3.3.2 Méthode de résolution 2

La deuxième heuristique que nous proposons constitue une approche de construction parallèle qui bâtit les tournées simultanément. L'assignation des RV aux infirmières est faite au même temps que les RV sont ordonnancés.

Cette méthode regroupe les RV selon leur période, c'est-à-dire qu'elle assigne en premier temps les RV « à jeun » puis, dans un deuxième, les RV « AM ». Le CLSC est fixé comme point de départ pour toutes les tournées et les patients (ou RV) sont ajoutés graduellement à la route. Le critère d'assignation des RV est basé sur le calcul d'une fonction $P_{i,j}$ pour tout i et j . $P_{i,j}$ peut être exprimé comme suit : $P_{i,j} = TP(r_{k_i,i}, r_j)$.

Une fois que le calcul de tous les $P_{i,j}$ est fait, il faut sélectionner le $P_{i,j}$ le plus petit, soit $P_{i,j}^*$. S'il y a respect des contraintes du problème et de la charge de travail exprimée en terme de la durée totale de traitement, alors il sera possible d'assigner le RV r_j^* à l'infirmière i^* , sinon il faudrait choisir un autre $P_{i,j}$. Si tous les $P_{i,j}$ ont été testés et qu'il n'y a pas de respect des contraintes du problème, les RV non assignés devraient être renvoyés à l'équipe de surplus. Une fois que tous les patients sont assignés, le retour au CLSC est ajouté à chaque parcours.

La méthode de résolution 2 minimise séparément le temps de parcours à travers le choix du $P_{i,j}$ le plus petit et l'écart entre les durées de traitement des infirmières en s'assurant du respect de la charge de travail. Cette méthode prend également en considération les contraintes du problème du MAD. Au niveau de cette méthode, le balancement de la charge de travail est donc fait en fonction de la durée totale de traitement.

Les principales étapes de l'Algorithme 2 sont données à l'Annexe A.

3.3.3 Méthode de résolution 3

La troisième heuristique que nous proposons constitue une approche de construction parallèle qui bâtit les tournées simultanément. L'assignation des

RV aux infirmières est faite au même temps que les RV sont ordonnancés. Cette méthode regroupe les RV selon leur période, c'est-à-dire qu'elle assigne en premier temps les RV « à jeun » puis, dans un deuxième, les RV « AM ». Le CLSC est fixé comme point de départ pour toutes les tournées et les patients (ou RV) sont ajoutés graduellement à la route. Le critère d'assignation des RV est basé sur le calcul d'une fonction $P_{i,j}$ pour tout i et j . $P_{i,j}$ peut être exprimé comme suit : $P_{i,j} = TP(r_{k,i}, r_j)$.

Une fois le calcul de tous les $P_{i,j}$ est fait, il faut sélectionner le $P_{i,j}$ le plus petit, soit $P_{i,j}^*$. S'il y a respect des contraintes du problème et de la charge de travail exprimée en terme du nombre de RV, alors il sera possible d'assigner le RV r_j^* à l'infirmière i^* , sinon il faudrait choisir un autre $P_{i,j}$. Si tous les $P_{i,j}$ ont été testés et qu'il n'y a pas de respect des contraintes du problème, les RV non assignés devraient être renvoyés à l'équipe de surplus. Une fois que tous les patients sont assignés, le retour au CLSC est ajouté à chaque parcours.

La troisième méthode de résolution minimise séparément le temps de parcours à travers le choix du $P_{i,j}$ le plus petit et l'écart entre les nombres de RV assignés aux infirmières. Cette méthode prend également en considération les contraintes du problème du MAD. Au niveau de cette méthode, le balancement de la charge de travail est donc fait en fonction du nombre de RV à ordonnancer.

La méthode de résolution 3 constitue une variante de l'heuristique 2, dans la mesure où seule la formule de la charge est différente. L'algorithme 3 s'écrit de la même manière que l'algorithme 2. Toutefois, la charge est exprimée comme suit : $Charge = \frac{R}{I}$, R étant le nombre de RV à assigner et I étant le nombre

d'infirmières. De même, il faut remplacer le sixième terme de la condition de l'Étape 6.f. par $k_{i*} \leq Charge$ et le cinquième terme de la condition de l'Étape 6.g. par $k_{i*} > Charge$.

3.3.4 Méthode de résolution 4

La quatrième méthode de résolution constitue une variante de la première heuristique. En effet, la seule différence entre les deux méthodes est que dans l'heuristique 4, il n'y a pas de regroupement des RV selon leur période. Ainsi, cette méthode retient l'infirmière et le RV présentant le plus petit $Z_{i,j}$, qui respecte les contraintes du problème. L'algorithme 4 s'écrit de la même manière que l'algorithme 1. Toutefois, les étapes d'extraction des RV « à jeun » et des RV « AM » sont éliminées.

3.3.5 Méthode de résolution 5

La cinquième méthode de résolution constitue une variante de la deuxième heuristique, dans la mesure où la seule différence entre les deux méthodes est que dans l'heuristique 5, il n'y a pas de regroupement des RV selon leur période. Ainsi, cette méthode retient l'infirmière et le RV présentant le plus petit $P_{i,j}$, qui respecte les contraintes du problème et la charge de travail exprimée en terme de la durée totale de traitement. L'algorithme 5 s'écrit de la même manière que l'algorithme 2. Cependant, les étapes d'extraction des RV « à jeun » et des RV « AM » sont éliminées.

3.3.6 Méthode de résolution 6

La sixième méthode de résolution constitue une variante de la troisième heuristique. En effet, la seule différence entre les deux méthodes est que dans l'heuristique 6, il n'y a pas de regroupement des RV selon leur période. Ainsi,

cette méthode retient l'infirmière et le RV présentant le plus petit $P_{i,j}$, qui respecte les contraintes du problème et la charge de travail exprimée en terme du nombre total de RV. L'algorithme 6 s'écrit de la même manière que l'algorithme 3. Néanmoins, les étapes d'extraction des RV « à jeun » et des RV « AM » sont éliminées.

3.3.7 Méthode de résolution 7

La septième méthode de résolution constitue une variante des heuristiques 2 et 3. En effet, par analogie avec ces deux dernières, l'heuristique 7 regroupe les RV selon leur période, c'est-à-dire qu'elle assigne en premier temps les RV « à jeun » puis, dans un deuxième, les RV « AM ». La seule différence est que cette méthode retient l'infirmière et le RV présentant le plus petit $P_{i,j}$, qui respecte uniquement les contraintes du problème, sans tenir compte de la charge de travail. Cette heuristique considère donc le problème de MAD comme étant uniquement un problème de minimisation de la distance parcourue. Ainsi, l'étude de cette méthode nous permettra, particulièrement, d'évaluer les tournées qui sont générées en terme de balancement de la charge de travail entre les infirmières. L'algorithme 7 s'écrit de la même manière que l'algorithme 2 ou 3. Néanmoins, les seules conditions à vérifier pour l'assignation des patients sont le respect des fenêtres de temps des RV et des infirmières.

3.3.8 Méthode de résolution 8

La huitième méthode de résolution constitue une variante de la septième heuristique. En effet, la seule différence entre les deux méthodes est que dans l'heuristique 8, il n'y a pas de regroupement des RV selon leur période. Ainsi, cette méthode retient l'infirmière et le RV présentant le plus petit $P_{i,j}$, qui respecte uniquement les contraintes du problème, sans tenir compte de la charge de travail. L'algorithme 8 s'écrit de la même manière que l'algorithme 7.

Néanmoins, les étapes d'extraction des RV « à jeun » et des RV « AM » sont éliminées.

3.3.9 Retour sur les méthodes de résolution

Pour résoudre le problème de MAD au CLSC Côte-des-neiges, nous avons développé huit heuristiques de résolution. Ces méthodes diffèrent selon le critère d'assignation des RV et selon l'éventualité de regroupement de ces derniers selon la période. Les heuristiques à l'étude sont résumées dans le Tableau 3.1 qui suit.

Tableau 3.2 Heuristiques de résolution du problème de MAD

	Avec regroupement selon période	Sans regroupement selon période
Assignation selon $P_{i,j}$	Heuristique 7	Heuristique 8
Assignation selon $P_{i,j}$ & charge (nombre de RV)	Heuristique 3	Heuristique 6
Assignation selon $P_{i,j}$ & charge (durée de traitement)	Heuristique 2	Heuristique 5
Assignation selon $Z_{i,j}$	Heuristique 1	Heuristique 4

CHAPITRE 4 – EXPÉRIMENTATIONS ET RÉSULTATS

Ce dernier chapitre est dédié à la partie expérimentale de l'étude et est divisé en deux parties. La première porte sur le montage d'un système d'information expérimental, tandis que la deuxième décrit les simulations faites et analyse en détail les résultats obtenus suite à ces expérimentations.

L'organisation des visites à domicile est au cœur du succès des services de soins infirmiers. Il est fort intéressant, dans ce cas, de mettre l'accent sur le bon déroulement de ces visites tant sur le plan médical que logistique. L'étude des services de MAD nous a permis de constater que l'organisation des visites à domicile implique la gestion d'une quantité relativement importante de données, c'est ce qui justifie le besoin de concevoir et d'implanter un système d'information au sein du CLSC Côte des neiges. L'analyse des services de MAD nous a également permis de discerner la nécessité de remodeler l'organisation des visites à domicile. Ainsi, les différents intervenants devraient désormais se partager un groupe de patients au lieu d'avoir leurs propres clients et l'assignation des usagers au personnel devrait se faire à chaque jour.

La conception d'un SI pour le CLSC Côte des neiges, a déjà été abordée par Leroux (2005), mais les processus d'affaires étaient fondés sur le principe du découpage territorial. Avec le remodelage des processus d'affaires, le CLSC Côte des neiges ne peut plus compenser avec le SI développé par Leroux (2005), il est donc clair que le SI devrait être mis à jour.

Dans ce qui suit, nous allons suivre les étapes de développement de SI telles que définies par la méthodologie intégrée à la transformation du processus

d'affaires. Toutefois, nous allons uniquement explorer les étapes 2, 3 et 4, à savoir : (1) le diagnostic actuel, (2) la conception du nouveau processus d'affaires et (3) la conception du nouveau SI. La première étape de cette méthodologie nous permettra d'établir le mode de fonctionnement actuel au CLSC Côte des neiges et d'y identifier les problèmes qui amènent le besoin de modifier le SI initial. Dans la deuxième étape, nous allons réviser les processus d'affaires et suggérer des améliorations par le biais d'un nouveau Diagramme de Flux de Données (DFD). Dans la dernière étape, nous allons modifier le SI conçu par Leroux (2005) et porter les corrections nécessaires pour tenir compte des spécifications déterminées dans l'étape précédente.

4.1 Diagnostic actuel des processus d'affaires et problématiques

Le travail d'une infirmière de MAD au CLSC Côte des neiges comprend deux volets, à savoir : (1) les visites à domicile et (2) le travail de bureau. Le travail de bureau comporte plusieurs tâches, toutefois, nous allons nous contenter de décrire les grandes lignes des processus de prise de RV et de création des routes des infirmières uniquement. Ensuite, à la lumière des informations et des commentaires fournis par le personnel de MAD du CLSC, nous allons exposer les problèmes propres au SI conçu par Leroux (2005).

4.1.1 Prise de rendez-vous

Lorsqu'un patient appelle pour prendre un RV, la réceptionniste du CLSC recueille les informations nécessaires et assigne ce client à une infirmière. Cette dernière consulte son agenda informatisé pour vérifier sa charge de travail. Si elle est normale, alors elle inscrit le RV sur son agenda, sinon elle fait appel à l'équipe de surplus ou à une agence. Elle doit ensuite vérifier en se référant au Cardex informatisé du patient si le RV est routinier ou imprévu. Si le RV est routinier (une injection hebdomadaire par exemple), alors l'infirmière doit inscrire ce RV à l'avance, pour toutes les semaines à venir. Si ce RV est imprévu

(patient atteint d'un malaise soudain par exemple), l'infirmière doit d'abord prodiguer les soins nécessaires au patient et voir s'il nécessiterait un nouveau RV.

À ce stade là, nous distinguons déjà quelques problèmes. Avec le nouveau processus de travail, il n'est plus possible d'assigner le patient appelant pour un RV à une infirmière donnée, il doit plutôt être assigné à l'ensemble des infirmières et ajouté à la liste des RV. Compte tenu de ces faits, la vérification de la charge de travail des infirmières et l'appel à l'équipe de surplus ne peuvent être accomplis qu'une fois le processus de création des routes est fait. La confection des tournées devrait donc être faite à l'avance car l'appel à l'équipe de surplus ou à une agence nécessite des modalités et un certain temps, il ne peut pas donc être fait le jour même. Par ailleurs, l'inscription des RV routiniers pour toutes les semaines à venir constitue un travail répétitif et fastidieux. Le personnel de MAD souhaiterait donc que le processus devienne automatisé, de sorte que les RV soient générés automatiquement pour pouvoir créer les routes et ce, à l'avance de deux semaines.

L'expérimentation du SI par le personnel du MAD a permis de révéler plusieurs lacunes se rapportant cette fois à l'interface qui touche le processus de prise de RV, soit l'interface constituant la liste des RV d'une journée donnée. Les problèmes soulevés se résument essentiellement à des fonctionnalités inexistantes ou encore à des données manquantes, qui sont pourtant stratégiques vis-à-vis des utilisateurs du système. En effet, si nous nous rapportons à la Figure 4.2, constituant la liste des RV de la journée, les seules données qui y figurent sont le numéro de dossier du patient, son nom et le secteur où il habite. Des informations telles que la durée de traitement associé à ce patient ou encore la période de visite n'apparaissent pas sur cette interface. Ces données sont pourtant importantes, notamment pour le répartiteur qui va confectionner les différentes tournées. Par ailleurs, cette interface ne permet

pas d'accéder aux dossiers des patients à visiter. Cette fonctionnalité est primordiale, dans la mesure où elle permet aux différents intervenants d'accéder aux informations des clients, de connaître leurs profils et de se préparer pour les visites (matériel à transporter, personnes à contacter, etc.).

liste_rv_soignantes : Form

2007-10-16

Rendez-vous à assigner automatiquement

Dossier	Nom	Secteur
C0003	Client3	108
C0002	Client2	109
C0007	Client7	113
C0001	Client1	113
C0008	Client8	360
C0006	Client6	367

Rendez-vous à assigner à la main

Dossier	Nom	Secteur
C0005	Client5	127
C0004	Client4	403

Ajouter un rendez-vous

Supprimer un rendez-vous

Bâtir et visualiser les horaires des infirmières soignantes

Retour au menu de gestion

Figure 4.1 Liste des RV de la journée

4.1.2 Création des routes des infirmières

Au CLSC Côte des neiges, le processus de création des routes des infirmières est totalement manuel. Personne n'est attiré à la confection de l'ensemble des horaires puisque chaque infirmière est responsable de ses propres clients et donc de son propre horaire. Ainsi, chaque infirmière imprime les Cardex des patients à visiter le lendemain et elle détermine l'ordre de sa tournée en effectuant des groupements par localisation géographique.

Il est clair que cette manière de faire ne peut plus être appliquée avec le nouveau processus de travail. En effet, les tournées ne peuvent plus être créées

séparément, elles doivent désormais être confectionnées au même temps. Le processus de répartition manuel doit être automatisé car il est rendu plus complexe et fastidieux puisque le nombre de clients à répartir sur les infirmières est devenu plus important qu'auparavant.

Leroux (2005) a tenté de remédier à cette situation en informatisant le processus de création des routes et en fournissant une méthode de confection de tournées pour les infirmières de MAD. L'expérimentation du système par le personnel du MAD a permis de révéler, par contre, plusieurs lacunes au niveau des interfaces et de l'algorithme de confection des tournées. En effet, en se référant à la figure 4.2, constituant l'interface des routes bâties, nous constatons qu'il y a les mêmes problématiques existantes au niveau de l'interface de la liste des RV de la journée. Outre ces lacunes, nous distinguons plusieurs autres problèmes. En effet, une fois la tournée est confectionnée, nous n'avons pas la flexibilité de supprimer ou de rajouter un RV à celle-ci. Pourtant, il est possible de rajouter ou de supprimer un RV de la liste des visites de la journée, mais le système ne fait pas la mise à jour des tournées, ce qui peut créer des erreurs de gestion. Le système ne permet pas également de faire déplacer un RV d'une route à une autre ou de faire changer l'ordre selon lequel figurent les RV dans une tournée donnée. L'autre problématique qui a été soulevée porte sur des données manquantes relativement aux infirmières à qui sont assignés les RV. L'interface des routes bâties ne nous renseigne aucunement ni sur les horaires de travail des infirmières, ni sur les qualifications que possèdent celles-ci.

Routes : Form

Visualiser la route no.:

Route numéro:

Route assignée à:

Liste des visites

ID patient	Nom	Prénom	Secteur
C0008	Client8		360
C0002	Client2		109
C0006	Client6		367

Retourner à la liste des rendez-vous

Figure 4.2 Routes bâties

Jusqu'à là, nous nous sommes limités à la description des problèmes soulevés au niveau de l'interface des routes bâties. Il est maintenant intéressant d'exposer les lacunes au niveau de l'algorithme de confection des tournées, développé par Leroux (2005). Pour bâtir les routes, cet auteur classe d'abord les secteurs selon leur niveau de proximité et assigne ensuite les RV aux différentes intervenants selon cet ordre, tant et aussi longtemps qu'il n'y a pas atteinte du nombre maximal de visites par infirmière (nombre total de visites divisé par le nombre d'infirmières). Toutefois, en procédant ainsi, l'algorithme viole souvent les fenêtres de temps associées aux RV, puisque le processus d'assignation adopté ne tient compte que des secteurs et ignore totalement les périodes. Il peut également violer les fenêtres de temps associées aux infirmières. En effet, il peut lui assigner des RV dont la période est « à jeun » par exemple, alors que son horaire de travail ne le permet pas. Il peut aussi lui assigner plus de RV que ce qu'il faut car le processus d'assignation et de balancement de la charge de travail est uniquement basé sur le nombre de RV

assignés, il n'y a donc aucun calcul de la durée totale de déplacement et de traitement.

4.2 Conception du nouveau processus d'affaires

Une fois que le diagnostic de la situation actuelle est fait et que les problèmes sont identifiés, il est possible de passer à la conception du nouveau processus d'affaires, qui porte des améliorations aux processus existants. Le nouveau processus d'affaires sera décrit par le biais d'un DFD, qui permettra également de visualiser l'interaction entre les différentes activités de MAD. Ce DFD est donné par la Figure 4.3 ci-dessous.

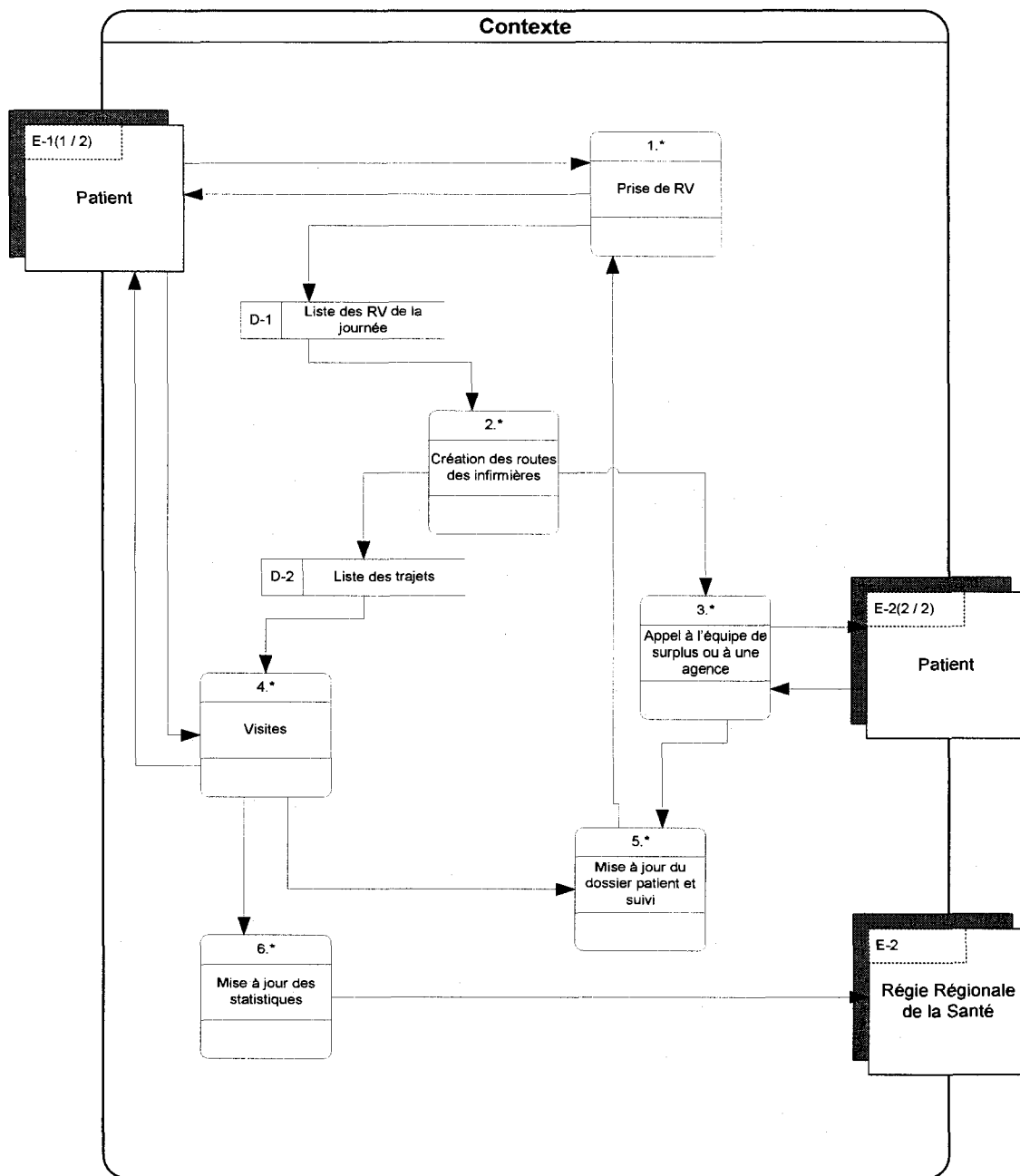


Figure 4.3 Nouveau processus d'affaires et interaction entre les activités

Dans ce qui suit, nous allons détailler, à l'aide de diagrammes additionnels, les processus de prise de RV et de création des routes des infirmières.

4.2.1 Prise de rendez-vous

Le DFD correspondant au nouveau processus de prise de RV est donné par la figure 4.4 ci-dessous. Cette figure montre les actions entreprises lorsqu'un patient appelle pour un RV.

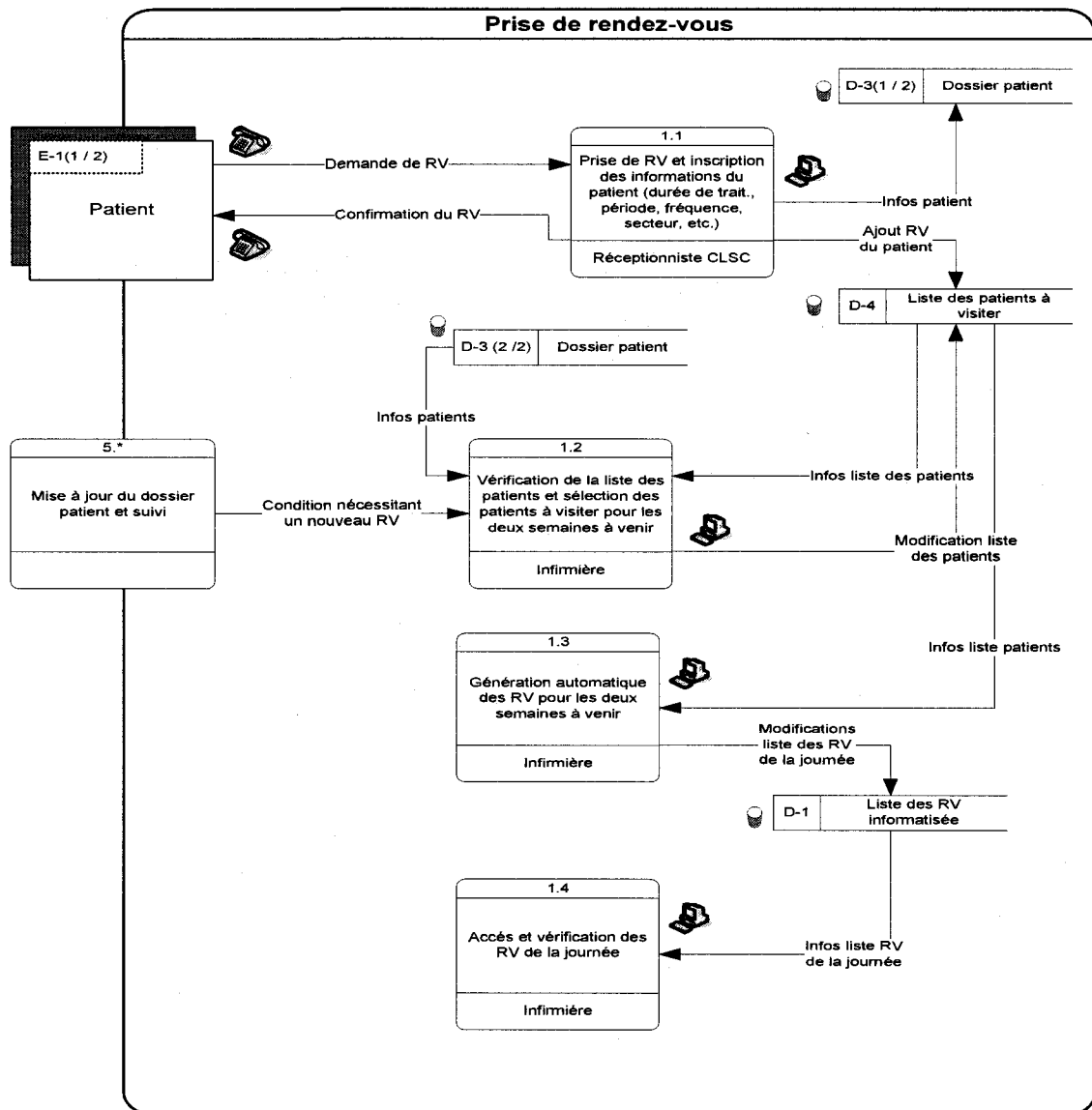


Figure 4.4 Interaction entre les éléments de la prise de rendez-vous

4.2.2 Création des routes des infirmières

Le DFD correspondant au nouveau processus de création des routes est donné par la figure 4.5 ci-dessous. Cette figure résume les différentes tâches à faire pour confectionner les tournées des infirmières.

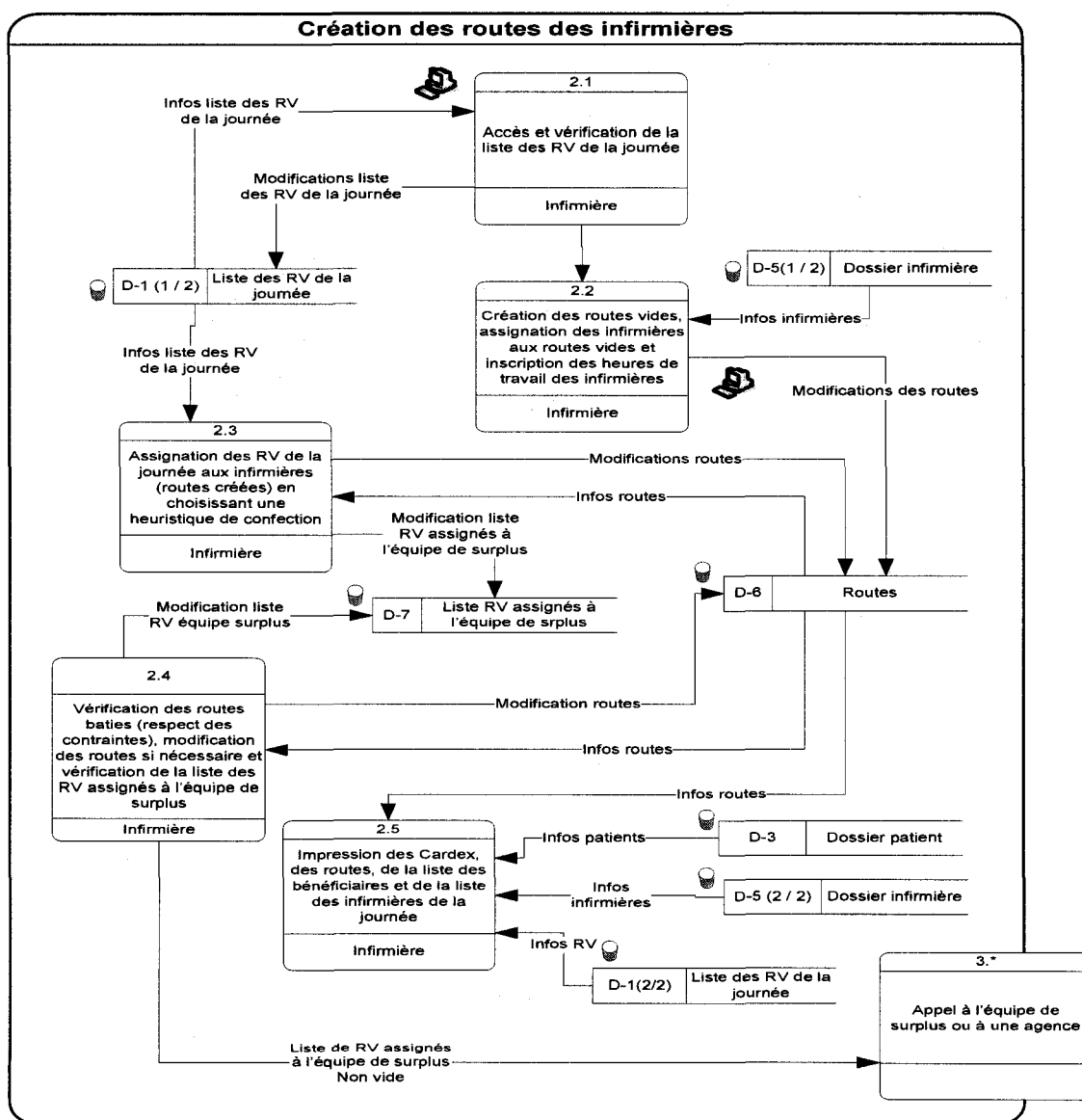


Figure 4.5 Interaction entre les éléments de la création des routes

4.3 Conception et perfectionnement du système d'information

La troisième étape de la méthodologie appliquée porte sur la conception et le perfectionnement du SI. La finalité du nouveau SI que nous avons développé ne réside pas seulement dans l'obtention d'une tournée ou d'un horaire mais également dans la capacité de stocker, visualiser et manipuler adéquatement les différentes informations décrivant le problème.

Les changements que nous avons faits au niveau du SI développé par Leroux (2005) touchent aussi bien les interfaces utilisateurs du système que l'algorithme de confection des tournées. Nous avons classé les interfaces selon le processus auquel elles sont dédiées, à savoir la prise de RV ou la création des routes.

4.3.1 Prise de rendez-vous

En ce qui concerne le processus de prise de RV, nous avons pu accomplir les corrections nécessaires aux lacunes identifiées à travers le diagnostic actuel et satisfaire les spécifications déterminées dans l'étape précédente. Nous avons porté peu de changements à l'interface du dossier patient, permettant à la réceptionniste ou aux infirmières d'inscrire les informations qui sont relatives aux clients. Les modifications faites consistaient essentiellement à ajouter soient des boutons permettant de modifier la liste des médecins, des pharmacies, des médicaments, des hôpitaux, des services, etc., soient des champs contenant des informations relatives au patient comme par exemple la date de naissance ou encore la fréquence de visites. Un onglet se rapportant aux statistiques devant être fournies à la Régie régionale de la santé a été également ajouté pour satisfaire les besoins des intervenants du MAD. Un aperçu de l'interface du dossier patient est offert à la Figure 4.6.

Dossier du patient

Nom : Client1 Code d'entrée : C0001
 Prénom : A Dossier : Actif
 Allergies :

Retour à gestion des clients
 Retour à Routes
 Visualiser/Imprimer le cardex

Abrégé Général Profil du client Visites Médecins Services Dysfonctions Médicaments Statut Statistiques

Client

Code d'entrée: C0001 Date de naissance:
 Nom: Client1 Français/Anglais: Autre:
 Prénom: A Taille du ménage: Origine ethnique:
 Sexe: Famille d'accueil:
 RAMQ: Résidence:
 Régime de protection:

Adresse

Téléphone:
 Numéro civique:
 Rue:
 Ville: Montréal
 Code Postal:
 Secteur: 108

Personnes contact

Pense-bête

Figure 4.6 Dossier patient (nouveau SI)

Nous avons également rajouté une interface constituant la liste filtrée des clients (filtre selon les dossiers actifs, les dossiers inactifs, les patients de l'équipe court-terme, etc.). En accédant à cette interface, l'infirmière pourra sélectionner les patients à visiter dans l'horizon des deux semaines à venir et mettre à jour quelques informations qui sont relatives à ces clients, sans avoir besoin à accéder à chaque Cardex individuellement (jour de la visite, fréquence de visite, etc.). Un aperçu de cette interface est fourni à la Figure 4.7 ci-dessous.

Liste_Patients_Continu : Form

Retour au menu de gestion

Liste des patients (information abrégée) Filter: Dossier actif

Code: C0008 Nom: Client8 Adresse: Secteur: 108 Montréal	<input checked="" type="checkbox"/> Court terme <input type="checkbox"/> Équipe de surplus semaine <input type="checkbox"/> Équipe de surplus fin de semaine <input type="checkbox"/> Dossier inactif Durée approx. (min): 15 Période: AM Semaine 1: LUN 0 MAR 0 MER 0 JEU 0 VEN 0 SAM 0 DIM 0 Semaine 2: LUN 0 MAR 0 MER 0 JEU 0 VEN 0 SAM 0 DIM 0
Code: C0001 Nom: Client1 Adresse: Secteur: 108 Montréal	<input checked="" type="checkbox"/> Court terme <input type="checkbox"/> Équipe de surplus semaine <input type="checkbox"/> Équipe de surplus fin de semaine <input type="checkbox"/> Dossier inactif Durée approx. (min): 30 Période: A jeun Semaine 1: LUN 0 MAR 0 MER 0 JEU 0 VEN 0 SAM 0 DIM 0 Semaine 2: LUN 0 MAR 0 MER 0 JEU 0 VEN 0 SAM 0 DIM 0
Code: C0009 Nom: Client9 Adresse: Secteur: 109 Montréal	<input checked="" type="checkbox"/> Court terme <input type="checkbox"/> Équipe de surplus semaine <input type="checkbox"/> Équipe de surplus fin de semaine <input type="checkbox"/> Dossier inactif Durée approx. (min): 45 Période: A jeun Semaine 1: LUN 0 MAR 0 MER 0 JEU 0 VEN 0 SAM 0 DIM 0 Semaine 2: LUN 0 MAR 0 MER 0 JEU 0 VEN 0 SAM 0 DIM 0

Record: 1 of 123 (Filtered)

Figure 4.7 Liste filtrée des patients (nouveau SI)

Par ailleurs, nous avons créé un programme permettant de générer automatiquement les RV pour les deux semaines à venir, une fois que la sélection des patients à visiter est faite. Les infirmières pourront ensuite vérifier la liste des RV de la journée en accédant à l'interface donnée par la Figure 4.8. Au niveau de cette interface, nous avons également ajouté quelques champs (secteur, période, champ pour indiquer si le RV nécessite une infirmière certifiée) et un bouton permettant aux infirmières d'accéder en tout temps aux dossiers des clients appartenant à la liste des RV de la journée.

RV court terme

2007-10-16

Liste des rendez-vous

cal_id	ID_Client	Nom	Prénom	CT/S/FS	Sect.	Durée (min)	Période	Infir_certif_req
37058	C0001	Client1	A	<input checked="" type="checkbox"/> T	108	30	A jeun	<input checked="" type="checkbox"/>
37057	C00010	Client10	J	<input checked="" type="checkbox"/> T	114	30	AM	<input type="checkbox"/>
37059	C00011	Client11	K	<input checked="" type="checkbox"/> T	115,01	15	AM	<input checked="" type="checkbox"/>
37066	C00012	Client12	L	<input checked="" type="checkbox"/> T	115,01	30	PM	<input type="checkbox"/>
37065	C00013	Client13	M	<input checked="" type="checkbox"/> T	115,02	45	AM	<input type="checkbox"/>
37060	C0002	Client2	B	<input checked="" type="checkbox"/> T	115,01	15	A jeun	<input type="checkbox"/>
37069	C0003	Client3	C	<input checked="" type="checkbox"/> T	124	30	A jeun	<input checked="" type="checkbox"/>
37063	C0004	Client4	D	<input checked="" type="checkbox"/> T	364	30	AM	<input type="checkbox"/>
37070	C0005	Client5	E	<input checked="" type="checkbox"/> T	365	15	AM	<input type="checkbox"/>
37062	C0005	Client5	E	<input checked="" type="checkbox"/> T	365	15	AM	<input type="checkbox"/>
37068	C0006	Client6	F	<input checked="" type="checkbox"/> T	127,01	15	A jeun	<input checked="" type="checkbox"/>
37061	C0007	Client7	G	<input checked="" type="checkbox"/> T	122	30	AM	<input type="checkbox"/>
37067	C0008	Client8	H	<input checked="" type="checkbox"/> T	108	15	AM	<input type="checkbox"/>

Accéder au dossier du client Ajouter une série de RV Supprimer un rendez-vous Ajouter un rendez-vous

Bâtir les routes des infirmières court terme Retour au menu de gestion

Figure 4.8 Liste des RV de la journée (nouveau SI)

4.3.2 Création des routes des infirmières

Là où il y a eu le plus de modifications dans le SI, c'est au niveau des interfaces et algorithmes relatifs au processus de création des routes des infirmières. En effet, nous avons commencé par coder les différentes heuristiques décrites au niveau du troisième chapitre et nous avons créé une interface donnant au répartiteur la possibilité de choisir l'algorithme de résolution pour la confection des tournées. En fait, nous avons remarqué que le personnel du MAD cherche à avoir un système d'optimisation qui présente plusieurs solutions possibles et qui permet au répartiteur d'agir avec le système pour en choisir une.

Une fois que l'algorithme de confection est appliqué, il est possible de visualiser les tournées des infirmières par le biais de l'interface des routes bâties, donnée par la Figure 4.9 ci-dessous. Ainsi, nous avons modifié cette interface pour y inclure des boutons permettant aux différents intervenants du MAD de modifier l'ordre selon lequel figurent les RV dans une tournée donnée ou encore de faire déplacer un RV d'une route à une autre ou à l'équipe de surplus. Ces boutons ont été ajoutés suite à la demande du personnel de MAD, qui garde une distance critique des systèmes entièrement automatisés, qui n'offrent pas la possibilité de modifier la solution.

Au niveau de l'interface des routes bâties, nous avons également rajouté des boutons offrant aux infirmières la flexibilité de supprimer ou de rajouter des RV aux tournées, même si ces dernières ont été déjà créées. Nous avons également inclus une fenêtre se rapportant aux infirmières qui nous renseigne sur les horaires de travail de celles-ci et sur les qualifications qu'elles possèdent. De plus, cette fenêtre permettra au répartiteur de vérifier s'il y a respect des contraintes du problème de MAD (fenêtres de temps des RV et des infirmières, qualifications, etc.).

Au niveau de l'interface des routes bâties, nous avons également créé des états, présentant les données stratégiques sous la forme de documents imprimés, éliminant ainsi les documents papier de gestion. Ces états automatisés présentent la liste des bénéficiaires visités, la liste des trajets, la liste des infirmières de MAD et les Cardex des patients.

Routes : Form

2007-10-16

Visualiser la route

1
2
99
999
9999

Nombre total de clients

Durée totale de traitement h min

Informations sur les Infirmières

Code Agence

Nom Heure début

Prénom Heure fin

Pag De Garde ☐

Cel Infirm_certifée ☒

Liste des visites

Número	Route_no	ID_Client	Nom_Client	Prénom_Client	Secteur	Durée	période	Infirm_certif_req
10	1	C0006	Client6	F	127.01	15	A jeun	<input checked="" type="checkbox"/>
20	1	C0003	Client3	C	124	30	A jeun	<input checked="" type="checkbox"/>
30	1	C0005	Client5	E	365	15	AM	<input type="checkbox"/>
40	1	C0005	Client5	E	365	15	AM	<input type="checkbox"/>
50	1	C0004	Client4	D	364	30	AM	<input type="checkbox"/>

Informations sur la route

Nombre de clients

Durée de trait. h min

Ajouter un client

supprimer le client

Accéder au dossier du client

Equilibrer les routes

Ordonner les routes

Indicateurs

Quel est le nouveau numéro de route?

Changer de route

Quel est le nouveau numéro du client ?

Déplacer le client

Visualiser les Cardex

Imprimer les Cardex

Infirmières du MAD

Liste des trajets

Liste des bénéficiaires visités

Retourner à la liste des RV

Figure 4.9 Routes bâties (nouveau SI)

4.4 Choix des instances de simulation

Afin de réaliser notre étude comparative des différents algorithmes, il est essentiel de faire un choix rigoureux des instances et d'évaluer plusieurs scénarios.

À partir des données disponibles et des informations fournies par le personnel du MAD au CLSC Côte-des-Neiges, nous avons bâti plusieurs scénarios afin de tester les différents algorithmes dans chaque contexte particulier. À chaque scénario, nous avons associé des intrants, qui font référence à tout ce qui est connu au départ, et des extrants qui constituent les résultats générés suite à l'application des huit algorithmes à l'étude, soient les indicateurs. Les intrants se rapportent soit aux infirmières, soit aux clients (ou RV). Les intrants se rattachant aux infirmières sont : (1) leur nombre, (2) les secteurs qui leur sont

habituellement assignés, (3) leur fenêtre de temps, (4) leur langues parlée et (5) leur qualification. Par souci de simplification, nous avons décidé de fixer les intrants se rapportant aux infirmières et ce, à la lumière des informations relatées au niveau du premier chapitre de ce mémoire. Ainsi, un nombre de six infirmières est retenu puisque les différents intervenants du service de MAD sont divisés en six équipes multidisciplinaires (A,B,C,D,E,F) renfermant chacune une infirmière. Les secteurs habituellement assignés aux infirmières varient selon l'équipe à laquelle appartient chacune d'elles et sont donnés par le découpage territorial défini par Blais (2001). Nous avons également fixé les fenêtres de temps des infirmières selon les horaires de travail du personnel s'occupant des cas « court-terme », à savoir de 7h30 à 12h00 (de 12h00 à 15h30, elles font le travail de bureau). Nous avons pris comme hypothèse que toutes les infirmières sont certifiées. En ce qui concerne les langues des infirmières, nous leur avons généré des valeurs aléatoires selon qu'elles parlent le français (F) ou l'anglais (A). Ces valeurs aléatoires sont maintenues pour tous les scénarios à l'étude. Nous avons récapitulé l'ensemble des intrants se rapportant aux infirmières dans le Tableau B.1 à l'Annexe B.

Les intrants se rapportant aux clients ou aux RV sont : (1) leur nombre, (2) les secteurs où ils résident, (3) leur période, (4) leur durée de traitement, (5) leur type de traitement, (6) leur lourdeur, (7) leur nécessité d'avoir une infirmière certifiée et (8) leur langue parlée. Nous nous sommes inspirés des données fournies au niveau du premier chapitre de ce mémoire pour construire le scénario de base, qui reflète la situation réelle du service de MAD au CLSC Côte-des-Neiges et qui nous donne les valeurs centrales. Nous disposons de six infirmières et chacune d'elles travaille 270 minutes (de 7h30 à 12h00). Comme il a été cité au premier chapitre, la durée moyenne de traitement est de 30 minutes. Nous avons également calculé le temps de parcours moyen entre toutes les paires de secteurs et nous avons obtenu une valeur de 15,91

minutes. À partir de ces données, nous avons fixé le nombre de clients à 35 pour le scénario de base. Ce chiffre est obtenu comme suit :

$$\text{Nombre_clients (scénario de base)} = \frac{270 * 6}{30 + 15,91} = 35 \text{ RV}$$

Comme il a été expliqué précédemment, la demande au niveau des services de MAD au CLSC Côte-des-Neiges est sujette à des fluctuations importantes et il peut arriver que certains jours, elle est beaucoup plus importante dans certains sous-secteurs que d'autres. C'est le cas des secteurs inclus dans les zones C, D, E et F dont la demande est généralement deux fois plus importante que celle des secteurs A et B. Compte tenu de ces faits, nous avons fixé la proportion des RV dont les secteurs sont inclus dans les zones C, D, E et F à 66% et celle des RV dont les secteurs appartiennent aux zones A et B à 34% et ce, pour le scénario de base.

Comme il a été cité au premier chapitre de ce mémoire, à chaque période est associée une plage horaire, intervalle dans lequel la visite doit être amorcée. Les visites « à jeun », doivent se dérouler de 7h30 à 9h30, tandis que les RV « AM » doivent être effectuées entre 7h30 et 12h00. Ainsi, la plage horaire des RV « AM » est 2,25 fois plus étendue que celle des RV « à jeun ». Pour ces raisons, le personnel du service de MAD au CLSC Côte-des-Neiges accepte généralement 2,25 fois plus de RV « AM » que de RV « à jeun ». À partir de ces données, nous avons fixé la proportion des RV « AM » à 69% et celle des RV « à jeun » à 31% pour le scénario de base.

Le quatrième paramètre inclus dans les intrants des clients est la durée de traitement. Au service de MAD, les infirmières arrondissent les durées de traitement aux 15 minutes et dépendamment des soins à prodiguer, elles associent aux clients un temps de traitement de 15, de 30 ou de 45 minutes.

Pour la majorité des cas et notamment pour les clients imprévus, elles associent généralement une durée de traitement de 30 minutes. Compte tenu de ces faits, nous avons fixé la durée moyenne de traitement à 30 minutes et la proportion des RV de 30 minutes à 60%, celle des RV de 45 minutes à 20% et celle des RV de 15 minutes à 20% pour le scénario de base.

En ce qui concerne le type de traitement, nous nous sommes inspirés des statistiques d'utilisation des services telles que données au Tableau 1.1 du premier chapitre pour fixer la proportion des RV associée à chaque profil d'intervention.

En ce qui concerne la lourdeur des clients, nous avons assigné la valeur « Non » (N) pour les RV dont le type de traitement est « enfance-jeunesse-famille » ou « santé publique » et la valeur « Oui » (O) pour le reste. De même, nous avons associé une valeur « Oui » (O) pour les clients qui nécessitent une infirmière certifiée, soient ceux dont le type de traitement est « santé physique » ou « santé publique » et la valeur « Non » (N) pour le reste.

Tel que cité au premier chapitre, seulement 48,5% des habitants du territoire du CLSC Côte-des-Neiges parle le français. À partir de ce pourcentage, nous avons fixé la proportion des clients (ou RV) qui parlent le français (F) à 48,5% et celle des clients qui parlent l'anglais (A) à 51,5%.

Pour des fins de simplification, nous avons décidé de fixer les intrants 5, 6, 7 et 8, à savoir le type de traitement, la lourdeur, la nécessité d'avoir une infirmière certifiée et la langue parlée selon les pourcentages établis précédemment pour tous les scénarios à l'étude, incluant le scénario de base. Par contre, nous allons considérer trois groupes de clients, à savoir 35 clients (valeur centrale), 20 clients et 50 clients. Pour chaque groupe de clients, nous allons faire varier les intrants 2, 3 et 4, soient les secteurs, les périodes et les durées de traitement

selon trois valeurs, en s'assurant que la valeur centrale correspond bien au scénario de base.

Ainsi, nous avons établi les trois valeurs suivantes pour les secteurs :

- S1 : proportion des secteurs C, D, E et F : 47%, proportion des secteurs A et B : 53%;
- S2 : proportion des secteurs C, D, E et F : 66%, proportion des secteurs A et B : 34%;
- S3 : proportion des secteurs C, D, E et F : 85%, proportion des secteurs A et B : 15%.

Nous avons établi les trois valeurs suivantes pour les périodes :

- P1 : proportion des RV « AM » : 48%, proportion des RV « à jeun » : 52%;
- P2 : proportion des RV « AM » : 69%, proportion des RV « à jeun » : 31%;
- P3 : proportion des RV « AM » : 90%, proportion des RV « à jeun » : 10%.

En ce qui concerne les durées de traitement, nous avons établi les trois valeurs suivantes :

- D1 : durée moyenne de traitement : 24 minutes, proportion des RV de 15 minutes : 60%, proportion des RV de 30 minutes : 20%, proportion des RV de 45 minutes : 20%;
- D2 : durée moyenne de traitement : 30 minutes, proportion des RV de 30 minutes : 60%, proportion des RV de 15 minutes : 20%, proportion des RV de 45 minutes : 20%;
- D3 : durée moyenne de traitement : 36 minutes, proportion des RV de 45 minutes : 60%, proportion des RV de 30 minutes : 20%, proportion des RV de 15 minutes : 20%.

En formant toutes les combinaisons possibles à partir des trois valeurs associées respectivement aux secteurs, aux périodes et aux durées de traitement, nous obtenons 27 instances pour chaque groupe de clients. Nous avons récapitulé l'ensemble de ces combinaisons dans le Tableau B.7 à l'Annexe B. Le nombre total de scénarios ou d'instances à tester correspondant à tous les groupes de clients est donc égal à 81 ($81 = 3 * 27$). Ces instances sont générées aléatoirement.

Nous résumons à l'Annexe B l'ensemble de tous les intrants des simulations. Nous présentons également, pour chaque groupe de clients (20, 35 et 50), le nombre de RV correspondant à chacune des neuf proportions considérées. Dans d'autres tableaux, nous donnons le nombre de RV associés à chaque langue parlée et à chaque type de traitement. À l'annexe B, nous exposons également les intrants relatifs aux secteurs.

4.5 Présentation des résultats

Une fois que les instances ont été créées, nous avons procédé à l'entrée des informations dans la base de données du SI développé. Ensuite, pour chaque instance, nous avons appliqué chacun des huit algorithmes à l'étude. Les résultats obtenus, à savoir les dix-huit indicateurs, ont été exportés vers des fichiers Excel où ils pourront par la suite être récupérés pour analyse.

L'application de chaque algorithme génère des résultats sur six lignes, qui correspondent au nombre d'infirmières disponibles. La première ligne, par exemple, donne les indicateurs obtenus pour la première route. Évidemment, pour chaque algorithme appliqué, les résultats obtenus pour les indicateurs d'évaluation globale sont les mêmes pour toutes les tournées bâties. Par contre, les résultats obtenus pour les indicateurs d'évaluation singulière diffèrent d'une route à l'autre. Afin de comparer les algorithmes entre eux, nous avons décidé de regrouper, selon l'algorithme appliqué, les résultats obtenus pour chaque

indicateur. Pour les indicateurs d'évaluation globale, soient les indicateurs 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, nous calculons la moyenne des six valeurs obtenues. Quant aux indicateurs d'évaluation singulière, nous calculons la somme des six valeurs pour les critères 8, 9, 11, 12 et 13 et nous utilisons l'écart-type de ces dernières pour regrouper les résultats des indicateurs 10, 14, 15, 16, 17 et 18.

Les résultats obtenus suite à la comparaison des algorithmes entre eux sont résumés au Tableau 4.1 ci-dessous. La comparaison est faite en termes de valeurs obtenues pour chaque indicateur et ce, pour chaque instance à l'étude. Étant donné que nous disposons de dix-huit indicateurs et de 81 instances, la comparaison de chaque paire d'algorithmes est donc répétée 1458 fois ($1458 = 81 \cdot 18$).

Toutefois, nous avons omis l'indicateur 1 de l'étude, pour les instances où au moins un des algorithmes renvoie un ou plusieurs RV à l'équipe de surplus, car ceci pourrait biaiser l'étude comparative. En effet, l'indicateur 1 consiste à calculer l'écart de la durée de déplacement par rapport au temps de parcours le plus petit LI_{tps_prcs} , calculé entre tous les clients à visiter. S'il y a renvoi de certains RV à l'équipe de surplus, la comparaison de LI_{tps_prcs} avec la durée de déplacement totale devient alors peu intéressante car cette dernière est calculée entre un sous ensemble des clients à visiter.

Le nombre d'instances où au moins un des algorithmes renvoie un ou plusieurs RV à l'équipe de surplus est de 66. Dans ce cas, la comparaison de chaque paire d'algorithmes est répétée uniquement 1392 fois ($1392 = 1458 - 66$).

Tableau 4.1 Performance relative des divers algorithmes

	Avec regroupement selon période				Sans regroupement selon période			
	Algo. 1	Algo. 2	Algo. 3	Algo. 7	Algo. 4	Algo. 5	Algo. 6	Algo. 8
	Z_{ij}	P_{ij} & charge: Durée traitement	P_{ij} & charge: Nombre RV	P_{ij}	Z_{ij}	P_{ij} & charge: Durée traitement	P_{ij} & charge: Nombre RV	P_{ij}
Alg. 1	—	701	644	738	534	743	745	801
Alg. 2	298	—	348	587	366	535	564	691
Alg. 3	344	476	—	633	408	565	592	707
Alg. 7	277	279	252	—	341	425	426	495
Alg. 4	489	714	661	737	—	718	733	765
Alg. 5	312	500	473	629	351	—	398	561
Alg. 6	305	480	427	626	324	412	—	579
Alg. 8	258	355	340	530	296	288	262	—

Ce tableau nous donne le nombre de fois où un algorithme a été supérieur à ses algorithmes rivaux et ce, tous types d'indicateurs confondus. À titre d'exemple, nous constatons que sur les 1392 comparaisons faites, l'algorithme 1 a été supérieur à l'algorithme 2 dans 701 cas, tandis que nous observons la situation inverse dans 298 cas. Il est à noter que les cas où les deux algorithmes donnent les mêmes résultats ne sont pas inscrits au Tableau 4.1, c'est la raison pour laquelle nous n'obtenons pas un total de 1392.

Le Tableau 4.1 montre la supériorité des algorithmes tenant compte du balancement de la charge de travail entre les infirmières (algorithmes 1, 2, 3, 4, 5 et 6) sur ceux qui n'en tiennent pas compte (algorithmes 7 et 8). Ceci s'explique principalement par le fait que les indicateurs développés évaluent les performances des heuristiques essentiellement en terme d'équilibre entre les charges de travail des infirmières.

Lorsque nous comparons les heuristiques tenant compte de l'équilibre entre les charges de travail entre eux, nous constatons que ceux qui assignent les RV

selon le temps de service le plus petit ($Z_{i,j}$), à savoir les algorithmes 1 et 4, sont supérieurs aux algorithmes 2, 3, 5 et 6, qui les assignent selon le temps de parcours le plus petit ($P_{i,j}$). En comparant les algorithmes qui assignent les RV selon le $P_{i,j}$ entre eux, nous remarquons que ceux qui calculent la charge selon la durée de traitement sont inférieurs à ceux qui la formulent en fonction du nombre de RV. Cette affirmation est vraie si nous comparons les algorithmes ayant les mêmes types de regroupement entre eux (avec regroupement selon les périodes ou sans regroupement selon les périodes). Par exemples, nous voyons que les heuristiques 2 et 5 sont respectivement inférieures aux algorithmes 3 et 6.

Par ailleurs, en comparant les algorithmes qui regroupent les RV selon les périodes avec ceux qui ne les regroupent pas, nous remarquons que les résultats sont très mitigés. Cependant, si la comparaison est faite entre les algorithmes ayant le même critère d'assignation, nous pouvons confirmer que ceux qui regroupent les RV selon les périodes sont supérieurs à ceux qui ne les regroupent pas, sauf pour les heuristiques 7 et 8 où la situation inverse est présente. Par exemple, l'algorithme 1 est supérieur à l'heuristique 4, de même pour les algorithmes 2 et 3 qui sont respectivement supérieurs aux heuristiques 5 et 6.

Si nous prenons comme exemples les algorithmes 1 et 4, nous constatons que sur les 1392 comparaisons faites, l'algorithme 1 a été supérieur à l'algorithme 4 dans 534 cas, tandis que nous observons la situation inverse dans 489 cas. Nous voyons donc que le fait de regrouper les RV selon la période ne nous garantit pas des résultats supérieurs à tout coup. La situation est la même pour d'autres heuristiques comme les algorithmes 2 et 5.

Le tableau 4.1 présentait le nombre de cas où un algorithme était supérieur à un autre. Cependant, il ne nous indique pas s'il est supérieur par un petit écart ou

par un écart plus important. Pour cela, nous avons calculé les moyennes obtenues pour chaque indicateur à l'étude et nous les avons comparés aux valeurs optimales, qui sont données par le meilleur algorithme. Le tableau 4.2 qui suit donne, pour chaque algorithme, l'écart en pourcentage des moyennes obtenues pour chacun des dix-huit indicateurs par rapport aux valeurs données par le meilleur algorithme.

Tableau 4.2 Écart des indicateurs par rapport aux valeurs optimales en %

	Algo. 1	Algo. 2	Algo. 3	Algo. 4	Algo. 5	Algo. 6	Algo. 7	Algo. 8
Indicateur 1 : Écart durée de déplacement / limite inférieure	3456,62	1172,58	1195,59	3170,61	1636,80	1310,13	0,00	364,07
Indicateur 2 : Écart nombre de RV / charge (RV)	39,48	150,56	82,12	0,00	159,60	129,74	250,01	246,57
Indicateur 3 : Écart durée de traitement / charge (durée de traitement)	0,00	63,96	64,25	6,47	94,43	107,01	158,01	169,99
Indicateur 4 : Écart durée de déplacement / temps de parcours moyen	17,20	65,37	30,26	0,00	73,04	56,11	130,61	125,40
Indicateur 5 : Écart durée de service / temps de service moyen	0,00	60,38	47,59	9,23	95,51	101,48	164,29	180,18
Indicateur 6 : Nombre de RV de l'équipe de surplus	0,00	11,62	14,52	77,18	76,35	67,63	9,96	67,22
Indicateur 7 : Durée de traitement de l'équipe de surplus	19,76	1,19	2,39	96,76	54,00	49,91	0,00	46,85
Indicateur 8 : Nombre de RV hors fenêtres de temps (périodes)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Indicateur 9 : Nombre de RV hors fenêtres de temps (infirmières)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Tableau 4.2 Écart des indicateurs par rapport aux valeurs optimales en % (suite)

	Algo. 1	Algo. 2	Algo. 3	Algo. 4	Algo. 5	Algo. 6	Algo. 7	Algo. 8
Indicateur 10 : Écart durée de service / temps de travail	0,00	58,37	45,63	6,38	89,04	96,50	160,86	172,56
Indicateur 11 : Nombre de RV avec qualifications non couvertes	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Indicateur 12 : Nombre de RV avec langues non satisfaites	9,93	9,60	10,77	0,00	0,00	7,58	7,24	2,61
Indicateur 13 : Nombre de secteurs habituellement assignés	13,53	8,24	0,00	8,82	6,47	7,65	9,41	2,06
Indicateur 14 : Nombre de secteurs distincts visités	17,38	60,81	48,67	0,00	52,83	45,78	101,16	81,33
Indicateur 15 : Nombre de types de traitement distincts	17,68	62,18	32,02	0,00	60,43	53,82	107,68	99,40
Indicateur 16 : Nombre de secteurs avec problème de stationnement	2,95	26,63	26,55	0,00	16,18	13,73	37,79	23,63
Indicateur 17 : Nombre de secteurs avec problème de trafic	7,29	48,84	41,92	0,00	9,22	8,71	61,67	19,56
Indicateur 18 : Nombre de cas lourds	0,00	12,71	7,27	4,05	10,73	9,87	25,70	26,71

Il est important dans ce cas d'analyser les données plus en profondeur afin de bien comprendre les raisons pour lesquelles nous obtenons des résultats mitigés et de voir si les écarts entre les algorithmes sont relativement importants ou non. Il est également intéressant d'étudier le cas par cas, c'est-à-dire voir si les constatations faites précédemment s'appliquent toujours dans le cas où nous regroupons les résultats selon les différents groupes de clients, à savoir 20, 35 et 50 patients. Le regroupement des résultats selon les pourcentages accordés aux secteurs, aux périodes ou encore aux durées de traitement serait également intéressant. Nous aborderons toutes ces analyses dans la section suivante.

4.6 Analyse détaillée des résultats

Afin d'approfondir notre analyse, nous allons répartir les résultats des simulations selon chaque groupe de clients (20, 35, 50). Pour chacun d'entre eux, nous ferons l'analyse comparative des algorithmes pour voir si les constatations tirées précédemment demeurent les mêmes. Pour chaque groupe de clients, nous regrouperons et étudierons également les résultats sous trois angles différents : (1) regroupement des résultats selon les proportions des secteurs (S1, S2 ou S3), (2) regroupement des résultats selon les proportions des périodes (P1, P2 ou P3), (3) regroupement des résultats selon les proportions des durées de traitement (D1, D2 ou D3). Pour chaque angle d'étude, nous étudierons la distribution des résultats obtenus et ce, pour chaque algorithme et chaque indicateur à l'étude. En procédant ainsi, nous tenterons de cerner les cas où un algorithme est supérieur à d'autres et les cas où il est inférieur, tout en expliquant les raisons.

4.6.1 Étude de la performance des algorithmes selon chaque groupe de clients

En éliminant l'indicateur 1 de l'étude, pour les instances où au moins un des algorithmes renvoie un ou plusieurs RV à l'équipe de surplus, la comparaison de chaque paire d'algorithmes, pour les instances de 20 clients, est répétée 474 fois ($474 = (27 \cdot 18) - 12$). Les résultats de ces comparaisons sont donnés au Tableau 4.2 ci-dessous.

Tableau 4.3 Performance relative des algorithmes (instances de 20 clients)

	Avec regroupement selon période				Sans regroupement selon période			
	Alg. 1 Z_{ij}	Alg. 2 P_{ij} & charge: Durée traitement	Alg. 3 P_{ij} & charge: Nombre RV	Alg. 7 P_{ij}	Alg. 4 Z_{ij}	Alg. 5 P_{ij} & charge: Durée traitement	Alg. 6 P_{ij} & charge: Nombre RV	Alg. 8 P_{ij}
Alg. 1	—	240	256	286	156	239	249	277
Alg. 2	73	—	155	274	94	130	159	250
Alg. 3	63	113	—	267	81	108	124	236
Alg. 7	42	53	49	—	67	65	57	101
Alg. 4	147	252	270	283	—	235	255	273
Alg. 5	93	186	213	272	112	—	162	250
Alg. 6	79	160	174	275	87	110	—	244
Alg. 8	56	79	88	208	74	69	52	—

En analysant les données du Tableau 4.2, nous remarquons que certaines constatations faites à la section 4.2.2 demeurent les mêmes pour les instances de 20 clients. En effet, les algorithmes tenant compte du balancement de la charge de travail entre les infirmières sont supérieurs aux heuristiques qui n'en tiennent pas compte. De même, les algorithmes qui assignent les RV selon le temps de service le plus petit sont supérieurs à ceux qui les assignent selon le temps de parcours le plus petit.

Toutefois, certaines constatations ne s'appliquent plus. En fait, en comparant les algorithmes qui assignent les RV selon le $P_{i,j}$ entre eux, nous remarquons que les algorithmes qui calculent la charge selon la durée de traitement sont supérieurs à ceux qui la formulent en fonction du nombre de RV. Cette affirmation est vraie si nous comparons les algorithmes ayant les mêmes types de regroupement entre eux (avec regroupement selon les périodes ou sans regroupement selon les périodes). Par exemple, nous voyons que les algorithmes 2 et 5 sont respectivement supérieurs aux heuristiques 3 et 6.

L'autre différence réside dans la comparaison des algorithmes qui regroupent les RV selon les périodes avec ceux qui ne les regroupent pas. La comparaison de ces deux catégories d'algorithmes donne des résultats mitigés. Toutefois, si la comparaison est faite entre les heuristiques ayant le même critère d'assignation, nous pouvons confirmer que celles qui ne regroupent pas les RV selon les périodes sont supérieures à celles qui les regroupent, sauf pour les heuristiques 1 et 4 où la situation inverse est présente. Par exemple, l'algorithme 5 est supérieur à l'heuristique 2, de même pour les algorithmes 6 et 8 qui sont respectivement supérieurs aux heuristiques 3 et 7.

Étudions maintenant les résultats des instances de 35 clients et voyons si les constatations faites pour le groupe de 20 clients demeurent les mêmes en augmentant le nombre de RV.

En éliminant l'indicateur 1 de l'étude, pour les instances où au moins un des algorithmes renvoie un ou plusieurs RV à l'équipe de surplus, la comparaison de chaque paire d'algorithmes, pour les instances de 35 clients, est répétée 459 fois ($459 = (27 \cdot 18) - 27$). Les résultats de ces comparaisons sont donnés au Tableau 4.3 ci-dessous.

Tableau 4.4 Performance relative des algorithmes (instances de 35 clients)

	Avec regroupement selon période				Sans regroupement selon période			
	Alg. 1 $Z_{i,j}$	Alg. 2 $P_{i,j}$ & charge: Durée traitement	Alg. 3 $P_{i,j}$ & charge: Nombre RV	Alg. 7 $P_{i,j}$	Alg. 4 $Z_{i,j}$	Alg. 5 $P_{i,j}$ & charge: Durée traitement	Alg. 6 $P_{i,j}$ & charge: Nombre RV	Alg. 8 $P_{i,j}$
Alg. 1	—	253	192	253	211	281	273	291
Alg. 2	76	—	83	190	124	198	195	240
Alg. 3	121	218	—	232	174	264	254	274
Alg. 7	74	87	76	—	117	156	152	188
Alg. 4	150	244	183	249	—	256	239	260
Alg. 5	81	159	98	203	105	—	101	181
Alg. 6	89	169	107	210	114	170	—	209
Alg. 8	72	122	87	169	95	75	83	—

En analysant les données du Tableau 4.3, et en les comparant avec celles du Tableau 4.2, nous remarquons que certaines constatations demeurent valables. En effet, les algorithmes tenant compte du balancement de la charge de travail entre les infirmières sont supérieurs aux heuristiques qui n'en tiennent pas compte. Nous constatons, par ailleurs, que les algorithmes qui assignent les RV selon le temps de service le plus petit sont supérieurs aux algorithmes qui les assignent selon le temps de parcours le plus petit.

Toutefois, certaines constatations ne s'appliquent plus. En fait, nous remarquons que les algorithmes qui calculent la charge selon la durée de traitement sont inférieurs à ceux qui la forment en fonction du nombre de RV. Cette affirmation est vraie si nous comparons les algorithmes ayant les mêmes types de regroupement entre eux.

Par ailleurs, en comparant les algorithmes qui regroupent les RV selon les périodes avec ceux qui ne les regroupent pas, nous remarquons que les résultats sont très mitigés. Cependant, si la comparaison est faite entre les

algorithmes ayant le même critère d'assignation, nous pouvons confirmer que ceux qui regroupent les RV selon les périodes sont supérieurs à ceux qui ne les regroupent pas.

Nous remarquons que les conclusions tirées pour les instances de 20 clients sont très différentes de celles faites pour le groupe de 35 clients. Étudions maintenant le cas des instances de 50 clients.

En éliminant l'indicateur 1 de l'étude, pour les instances où au moins un des algorithmes renvoie un ou plusieurs RV à l'équipe de surplus, la comparaison de chaque paire d'algorithmes, pour les instances de 35 clients, est répétée 459 fois ($459 = (27 \times 18) - 27$). Les résultats de ces comparaisons sont donnés au Tableau 4.4 ci-dessous.

Tableau 4.5 Performance relative des algorithmes (instances de 50 clients)

	Avec regroupement selon période				Sans regroupement selon période			
	Alg. 1 Z_{ij}	Alg. 2 P_{ij} & charge: Durée traitement	Alg. 3 P_{ij} & charge: Nombre RV	Alg. 7 P_{ij}	Alg. 4 Z_{ij}	Alg. 5 P_{ij} & charge: Durée traitement	Alg. 6 P_{ij} & charge: Nombre RV	Alg. 8 P_{ij}
Alg. 1	—	208	196	199	167	223	223	233
Alg. 2	149	—	110	123	148	207	210	201
Alg. 3	160	145	—	134	153	193	214	197
Alg. 7	161	139	127	—	157	204	217	206
Alg. 4	192	218	208	205	—	227	239	232
Alg. 5	138	155	162	154	134	—	135	130
Alg. 6	137	151	146	141	123	132	—	126
Alg. 8	130	154	165	153	127	144	127	—

En analysant les données du Tableau 4.3, et en les comparant avec celles du Tableau 4.2 et 4.1, nous remarquons que la majorité des constatations ne sont plus valables. La seule constatation qui a été faite au niveau des instances de 20 clients et qui reste valable pour le groupe de 50 clients est que les

algorithmes qui assignent les RV selon le temps de service le plus petit sont supérieurs à ceux qui les assignent selon le temps de parcours le plus petit.

Pour les instances de 50 clients, la comparaison des algorithmes tenant compte du balancement de la charge de travail avec ceux qui n'en tiennent pas compte donnent des résultats très mitigés. Nous remarquons, par exemple que les algorithmes 7 et 8 sont supérieurs aux heuristiques 5 et 6. La comparaison des algorithmes qui calculent la charge selon la durée de traitement avec ceux qui la formulent en fonction du nombre de RV donne des résultats mitigés. En fait, nous remarquons que l'heuristique 3 est supérieure à l'algorithme 2, par contre, l'heuristique 6 est inférieure à l'algorithme 5.

Par ailleurs, nous remarquons que les algorithmes qui regroupent les RV selon les périodes sont supérieurs à ceux qui ne les regroupent pas, sauf pour les algorithmes 1 et 4, où la situation inverse est présente.

Le regroupement des résultats selon les groupes de clients nous a permis de constater que les performances des algorithmes à l'étude varient considérablement en passant d'un groupe à un autre. Il est intéressant d'observer la performance des algorithmes ne tenant pas compte du balancement de la charge de travail, qui s'améliore au fur et à mesure que le nombre de RV augmente, c'est-à-dire en passant d'un groupe de 20 à 35 puis à 50 clients. À ce stade-ci, il est difficile d'expliquer les raisons pour lesquelles un algorithme est supérieur aux autres pour certains groupes de clients, mais inférieur pour d'autres, étant donné que les comparaisons des heuristiques sont faites selon l'ensemble de tous les indicateurs. Dans ce qui suit, en passant à une échelle regroupement plus étroite, nous allons tenter d'analyser davantage les résultats, à travers l'étude de la distribution de chaque indicateur.

4.6.2 Étude de la distribution des indicateurs

À travers l'étude de chaque indicateur, nous allons suivre la tendance des algorithmes et analyser leur performance dans les quatre contextes suivants : (1) en augmentant le nombre RV, (2) en augmentant la demande dans les secteurs C, D, E et F, (3) en augmentant le nombre de RV « AM » et (4) en augmentant la durée de traitement moyenne. Pour cela, pour chaque groupe de clients, nous avons combiné les résultats des instances relatives à chaque type de regroupement (S1, S2, S3, P1, P2, P3, D1, D2 et D3).

En se référant au Tableau B.8 à l'Annexe B, qui récapitule l'ensemble de toutes les combinaisons possibles à partir des trois valeurs associées respectivement aux secteurs, aux périodes et aux durées de traitement, nous associons, pour chaque proportion de secteurs, de périodes et de durées de traitement, les instances suivantes :

- S1 : Instances 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 et 9;
- S2 : Instances 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17 et 18;
- S3 : Instances 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26 et 27;
- P1 : Instances 1, 2, 3, 10, 11, 12, 19, 20 et 21;
- P2 : Instances 4, 5, 6, 13, 14, 15, 22, 23 et 24;
- P3 : Instances 7, 8, 9, 16, 17, 18, 25, 26 et 27;
- D1 : Instances 1, 4, 7, 10, 13, 16, 19, 22 et 25;
- D2 : Instances 2, 5, 8, 11, 14, 17, 20, 23 et 26;
- D3 : Instances 3, 6, 9, 12, 15, 18, 21, 24 et 27.

La combinaison des résultats est faite en calculant, pour chaque indicateur, la moyenne des résultats obtenus pour les neuf instances associées à chaque type de regroupement.

Le Tableau 4.5, qui suit, présente les moyennes des indicateurs obtenues pour le groupe de 20 clients. Des tableaux supplémentaires, donnant les moyennes

des indicateurs pour les groupes de 35 et 50 clients, sont présentés à l'Annexe C.

En observant les résultats inscrits dans ces tableaux, nous remarquons que les indicateurs 8, 9 et 11 n'ont pas été significatifs au niveau de la comparaison entre les algorithmes car ils sont toujours nuls, étant donné que tous les algorithmes tiennent compte des fenêtres de temps du problème et que nous avons pris comme hypothèse que toutes les infirmières sont certifiées. Ils sont toutefois importants car ils montrent que tous les algorithmes développés respectent les contraintes du problème.

Dans ce qui suit, nous allons étudier les moyennes obtenues pour chaque indicateur à l'étude et ce, dans les quatre contextes expliqués précédemment.

Tableau 4.6 Moyennes des indicateurs pour les instances de 20 clients

	Algo. 1	Algo. 2	Algo. 3	Algo. 4	Algo. 5	Algo. 6	Algo. 7	Algo. 8
Indicateur 1 : Écart durée de déplacement / limite inférieure	0,09	0,03	0,03	0,08	0,04	0,04	0,0026	0,01
Indicateur 2 : Écart nombre de RV / charge (RV)	0,47	0,86	0,85	0,41	0,74	0,80	1,62	1,41
Indicateur 3 : Écart durée de traitement / charge (durée de traitement)	15,17	24,23	29,92	16,45	22,28	28,32	50,76	43,54
Indicateur 4 : Écart durée de déplacement / temps de parcours moyen	7,47	11,44	10,91	6,72	9,99	10,98	21,17	18,23
Indicateur 5 : Écart durée de service / temps de service moyen	18,97	32,82	39,04	20,77	28,94	37,21	70,82	60,20
Indicateur 6 : Nombre de RV de l'équipe de surplus	0	0	0	0,44	0,22	0,19	0	0,04
Indicateur 7 : Durée de traitement de l'équipe de surplus	0	0	0	20	6,67	5,56	0	1,11
Indicateur 8 : Nombre de RV hors fenêtres de temps (périodes)	0	0	0	0	0	0	0	0
Indicateur 9 : Nombre de RV hors fenêtres de temps (infirmières)	0	0	0	0	0	0	0	0

Tableau 4.6 Moyennes des indicateurs pour les instances de 20 clients (suite)

	Algo. 1	Algo. 2	Algo. 3	Algo. 4	Algo. 5	Algo. 6	Algo. 7	Algo. 8
Indicateur 10 : Écart durée de service / temps de travail	0,07	0,12	0,14	0,08	0,11	0,14	0,26	0,22
Indicateur 11 : Nombre de RV avec qualifications non couvertes	0	0	0	0	0	0	0	0
Indicateur 12 : Nombre de RV avec langues non satisfaites	9,22	10,19	10,19	9,56	10	10,07	9,56	9,78
Indicateur 13 : Nombre de secteurs habituellement assignés	3,07	2,63	2,81	3,19	2,52	3,67	2,37	2,67
Indicateur 14 : Nombre de secteurs distincts visités	0,56	0,82	0,80	0,39	0,76	0,79	1,33	1,16
Indicateur 15 : Nombre de types de traitement distincts	0,55	0,85	0,85	0,44	0,76	0,81	1,50	1,29
Indicateur 16 : Nombre de secteurs avec problème de stationnement	1,00	1,15	1,19	1,02	1,12	1,12	1,47	1,31
Indicateur 17 : Nombre de secteurs avec problème de trafic	0,96	1,30	1,32	0,92	1,00	1,05	1,61	1,24
Indicateur 18 : Nombre de cas lourds	0,71	0,99	1,01	0,81	0,86	0,91	1,31	1,26

4.6.2.1 Étude de l'indicateur 1 : écart entre la durée de déplacement et la limite inférieure du temps de parcours

Le Tableau 4.6 ci-dessous donne, pour chaque groupe de clients, les moyennes de l'indicateur 1 obtenues en regroupant les résultats selon les proportions de secteurs, de périodes et de durées de traitement. D'autres tableaux donnant, pour chaque indicateur, les moyennes obtenues suite au regroupement des résultats selon les proportions des secteurs, des périodes et des durées de traitement, sont également présentés à l'Annexe C.

Tableau 4.7 Moyennes de l'indicateur 1

		Alg. 1	Alg. 2	Alg. 3	Alg. 4	Alg. 5	Alg. 6	Alg. 7	Alg. 8
		$Z_{i,j}$	$P_{i,j}$ & charge: Durée traitement	$P_{i,j}$ & charge: Nombre RV	$Z_{i,j}$	$P_{i,j}$ & charge: Durée traitement	$P_{i,j}$ & charge: Nombre RV	$P_{i,j}$	$P_{i,j}$
20 clients	S1	0,126	0,043	0,047	0,116	0,070	0,056	0,000	0,029
	S2	0,080	0,031	0,037	0,079	0,039	0,040	0,003	0,003
	S3	0,076	0,027	0,017	0,064	0,031	0,015	0,004	0,009
	P1	0,084	0,025	0,019	0,061	0,037	0,026	0,005	0,017
	P2	0,078	0,031	0,032	0,079	0,042	0,035	0,003	0,015
	P3	0,109	0,039	0,043	0,099	0,051	0,045	0,000	0,008
	D1	0,085	0,033	0,032	0,088	0,049	0,037	0,004	0,016
	D2	0,041	0,010	0,010	0,036	0,012	0,009	0,000	0,002
	D3	0,025	0,011	0,013	0,016	0,013	0,014	0,001	0,002

La tendance des algorithmes selon l'indicateur 1 ne peut être suivie que pour les instances de 20 clients car ce dernier a été omis de l'étude, pour les instances de 35 et de 50 clients et ce, pour les raisons expliquées à la section 4.5.

Si nous étudions les moyennes de l'indicateur 1, obtenues pour les instances de 20 clients, nous remarquons que les meilleures valeurs sont données par les algorithmes ne tenant pas compte du balancement de la charge de travail entre les infirmières. Cette constatation reste la même si nous augmentons la

demande dans les zones C, D, E et F, le nombre de RV « AM » ou encore la durée de traitement moyenne. Ceci s'explique par le fait que les algorithmes ne tenant pas compte du balancement de la charge de travail assignent les RV présentant le plus petit $P_{i,j}$, qui respecte uniquement les fenêtres de temps des périodes et des infirmières. La condition d'assignation de ces algorithmes renferme donc moins de contraintes à satisfaire que les autres heuristiques. Ceci explique pourquoi ils génèrent généralement des valeurs de durées de déplacement égales ou très proches de la limite inférieure du temps de parcours. Par ailleurs, nous constatons une tendance à la baisse de tous les algorithmes qui balancent la charge de travail et ce, au fur et à mesure que la demande dans les zones C, D, E et F augmente.

4.6.2.2 Étude de l'indicateur 2 : écart entre le nombre de RV et la charge de travail

Si nous étudions les moyennes de l'indicateur 2, obtenues pour les instances de 20, de 35 et de 50 clients, nous constatons que la valeur optimale est donnée par l'algorithme 4. Cette constatation reste majoritairement la même si nous augmentons la demande dans les secteurs C, D, E et F, le nombre de RV « AM » ou encore la durée de traitement moyenne.

Pour le groupe de 20 clients, nous observons une différence très marquée entre les algorithmes tenant compte du balancement de la charge de travail entre les infirmières et ceux qui n'en tiennent pas compte. Cet écart est de l'ordre de 120%. Toutefois, il diminue au fur et à mesure que le nombre de clients augmente, puisqu'il devient égal à 90% pour les instances de 35 clients et à 24% pour le groupe de 50 patients. Il est évident que, pour les petites instances de 20 clients, les algorithmes ne tenant pas compte du balancement de la charge de travail puissent générer des tournées déséquilibrées en terme du nombre de RV. En effet, ils cherchent uniquement à minimiser le temps de

parcours, donc ils peuvent assigner plus de RV à certaines routes qu'à d'autres. Pour les moyennes et grandes instances, les algorithmes ne tenant pas compte du balancement de la charge de travail peuvent générer des tournées relativement équilibrées en terme du nombre de RV. En fait, dans ces cas, ce sont les fenêtres de temps des infirmières ou des périodes, constituant les seules contraintes que respectent ces algorithmes, qui jouent le rôle de la charge de travail.

Pour les instances de 20 clients, la différence est moins marquée entre les algorithmes qui assignent les RV selon le temps de service le plus petit et ceux qui les assignent selon le temps de parcours le plus petit, puisqu'elle est de l'ordre de 85%. Cet écart est maintenu pratiquement le même au fur et à mesure que le nombre de RV augmente, puisque nous enregistrons une différence de 99% pour les instances de 35 clients et un écart de 92% pour le groupe de 50 patients.

Pour le groupe de 20 clients, la différence est encore plus minime lorsque nous comparons l'algorithme 1 avec l'heuristique 4, soit le meilleur algorithme du lot. En effet, l'écart entre ces deux algorithmes est de l'ordre de 15%. Cependant, cette différence gagne de l'importance au fur et à mesure que le nombre de RV augmente puisqu'elle devient égale à 29% pour les instances de 35 clients et à 90% pour le groupe de 50 patients.

4.6.2.3 Étude de l'indicateur 3 : écart entre la durée de traitement et la charge de travail

L'observation des moyennes de l'indicateur 3, obtenues pour les instances de 20 et de 35 clients, nous montre que les meilleures valeurs sont données par l'algorithme 1. Par contre, pour le groupe de 50 RV, c'est l'algorithme 4 qui devient le meilleur du lot. Ces constatations demeurent majoritairement les

mêmes si nous augmentons la demande dans les secteurs C, D, E et F, le nombre de RV « AM » ou encore la durée de traitement moyenne.

Pour les instances de 20 clients, nous remarquons une différence très marquée entre les algorithmes tenant compte du balancement de la charge de travail et ceux qui n'en tiennent pas compte et ce, étant donné que ces derniers respectent uniquement les contraintes du problème. L'écart entre ces deux types d'algorithmes est de l'ordre de 107%. Cet écart diminue au fur et à mesure que le nombre de RV augmente, puisqu'il devient égal à 73% pour les instances de 35 clients et à 10% pour le groupe de 50 patients. La réduction de cet écart est due au fait que pour les moyennes et grandes instances, ce sont les fenêtres de temps des infirmières ou des périodes qui jouent le rôle de la charge de travail pour les algorithmes ne tenant pas compte du balancement de la charge de travail.

Pour les instances de 20 clients, la différence est moins marquée lorsqu'on compare les algorithmes qui assignent les RV selon le temps de service le plus petit et ceux qui les assignent selon le temps de parcours le plus petit puisqu'elle est de l'ordre de 65%. Toutefois, nous remarquons une tendance à la hausse de cet écart pour les instances de 35 clients (128%) et une tendance à la baisse pour les instances de 50 RV (36%).

Pour le groupe de 20 clients, la différence est encore plus minime lorsque nous comparons les algorithmes qui assignent les RV selon le $Z_{i,j}$ entre eux, puisque l'écart est de l'ordre de 8%. Cependant, cette différence augmente pour les instances de 35 clients, puisqu'elle devient égale à 14%, mais elle diminue à 3% pour le groupe de 50 patients.

4.6.2.4 Étude de l'indicateur 4 : écart entre la durée de déplacement et le temps de parcours moyen

L'étude des moyennes de l'indicateur 4, obtenues pour les instances de 20 et de 50 clients, nous montre que les meilleures valeurs sont données par l'algorithme 4. Par contre, pour le groupe de 35 RV, c'est l'algorithme 3 qui devient le meilleur du lot. Ces constatations restent majoritairement les mêmes si nous augmentons la demande dans les secteurs C, D, E et F, le nombre de RV « AM », ou encore la durée de traitement moyenne.

L'observation des moyennes obtenues pour les instances de 20 clients nous montre la supériorité des algorithmes tenant compte du balancement de la charge de travail par rapport à ceux qui n'en tiennent pas compte, puisque nous enregistrons une différence de 105%. L'écart entre ces deux types d'algorithmes diminue au fur et à mesure que le nombre de RV augmente. En fait, il devient égal à 63% pour les instances de 35 clients et à 15% pour le groupe de 50 patients. La réduction de cet écart est due au fait que, pour les moyennes et grandes instances, ce sont les fenêtres de temps des infirmières ou des périodes qui jouent le rôle de la charge de travail pour les algorithmes ne tenant pas compte du balancement de la charge de travail.

Pour les instances de 20 clients, la différence est moins marquée lorsqu'on compare les algorithmes qui assignent les RV selon le temps de service le plus petit et ceux qui les assignent selon le temps de parcours le plus petit puisqu'elle est de l'ordre de 53%. Toutefois, nous remarquons une tendance à la baisse de cet écart pour les instances de 35 clients (35%), qui augmente de nouveau pour les instances de 50 RV (45%).

Pour le groupe de 20 clients, la différence est encore plus minime lorsque nous comparons les algorithmes qui assignent les RV selon le $Z_{i,j}$ entre eux, puisque l'écart est de l'ordre de 11%. Cependant, cette différence augmente

pour les instances de 35 clients, puisqu'elle devient égale à 25%, mais elle diminue à 14% pour le groupe de 50 patients.

4.6.2.5 Étude de l'indicateur 5 : écart entre la durée de service et le temps de service moyen

Si nous étudions les moyennes de l'indicateur 5, obtenues pour les instances de 20 et de 35 clients, nous constatons que les valeurs optimales sont données par l'algorithme 1. Par contre, pour le groupe de 50 RV, c'est l'algorithme 3 qui devient le meilleur du lot. Ces constatations restent majoritairement les mêmes si nous augmentons la demande dans les secteurs C, D, E et F, le nombre de RV « AM » ou encore la durée de traitement moyenne.

Pour le groupe de 20 clients, nous observons une différence très marquée entre les algorithmes tenant compte du balancement de la charge de travail entre les infirmières et ceux qui n'en tiennent pas compte. Cet écart est de l'ordre de 121%. Toutefois, pour les raisons citées au niveau de l'indicateur 4, cette différence diminue au fur et à mesure que le nombre de clients augmente, puisqu'elle devient égale à 81% pour les instances de 35 clients et à 7% pour le groupe de 50 patients.

Pour les instances de 20 clients, la différence est moins marquée lorsqu'on compare les algorithmes qui assignent les RV selon le temps de service le plus petit et ceux qui les assignent selon le temps de parcours le plus petit puisqu'elle est de l'ordre de 74%. Toutefois, nous remarquons une tendance à la hausse de cet écart pour les instances de 35 clients (103%) et une tendance à la baisse pour les instances de 50 RV (22%).

Pour le groupe de 20 clients, la comparaison de l'algorithme 1 avec l'heuristique 4 nous donne une différence minime. En effet, l'écart entre ces deux algorithmes est de l'ordre de 9%. Cet écart augmente pour les instances de 35

clients et devient égal à 13%, mais il diminue à 5% pour les instances de 50 patients.

4.6.2.6 Étude des indicateurs 6 et 7 : Nombre de RV et durée de traitement associés à l'équipe de surplus

L'observation des moyennes des indicateurs 6 et 7, obtenues pour les instances de 20, de 35 et de 50 clients, nous montre que les meilleures valeurs sont données par les algorithmes qui regroupent les RV selon les périodes. Nous remarquons également que les moyennes des indicateurs 6 et 7, obtenues pour les instances de 50 clients sont très proches. Ceci s'explique par le fait que pour ces instances, le nombre de RV excède le nombre de clients donné par le scénario de base, à savoir 35 RV. Par conséquent, tous les algorithmes renvoient les RV non couverts par les infirmières à l'équipe de surplus. Ces constatations demeurent les mêmes si nous augmentons la demande dans les secteurs C, D, E et F, le nombre de RV « AM » ou encore la durée de traitement moyenne. Par ailleurs, il est intéressant d'observer la tendance des algorithmes ne regroupant pas les RV selon les périodes, qui se détériorent au fur et à mesure que le nombre de RV « AM » diminue et ce, pour tous les groupes de clients. En effet, les moyennes obtenues pour les indicateurs 6 et 7, pour les algorithmes ne regroupant pas les RV selon la période, augmentent avec la hausse de la proportion des RV « à jeun ». Ceci est évident, puisqu'en augmentant le nombre de RV « à jeun », la probabilité d'assignation de tous les RV « à jeun » avant la fin de leur fenêtre de temps diminue, pour ces types d'algorithmes. Ainsi, ces RV non assignés seront renvoyés à l'équipe de surplus, c'est ce qui explique la hausse des moyennes des indicateurs 6 et 7.

Si nous analysons maintenant la tendance des algorithmes lorsque nous augmentons la durée de traitement moyenne, nous remarquons qu'ils se détériorent tous. Ceci est évident, puisqu'en augmentant la durée de traitement

moyenne, la possibilité de couvrir tous les RV avant la fin des fenêtres de temps des infirmières et des périodes diminue. C'est pour cette raison qu'il y a hausse du nombre de RV renvoyés à l'équipe de surplus et des durées de traitement qui lui sont associées.

Pour les instances de 20 clients et pour un même type de regroupement, nous remarquons une différence minime entre les algorithmes qui assignent les RV selon le temps de service le plus petit et ceux qui les assignent selon le temps de parcours le plus petit. Cette constatation reste valable pour les instances de 35 et de 50 clients.

4.6.2.7 Étude de l'indicateur 10 : écart entre la durée de service et le temps de travail

Si nous étudions les moyennes de l'indicateur 10, obtenues pour les instances de 20 et de 35 clients, nous constatons que les valeurs optimales sont données par l'algorithme 1. Par contre, pour le groupe de 50 RV, c'est l'algorithme 3 qui devient le meilleur du lot. Ces constatations restent majoritairement les mêmes si nous augmentons la demande dans les secteurs C, D, E et F, le nombre de RV « AM » ou encore la durée de traitement moyenne.

Pour le groupe de 20 clients, nous observons une différence très marquée entre les algorithmes tenant compte du balancement de la charge de travail entre les infirmières et ceux qui n'en tiennent pas compte. Cet écart est de l'ordre de 121%. Toutefois, pour les raisons citées au niveau de l'indicateur 4, cette différence diminue au fur et à mesure que le nombre de clients augmente, puisqu'elle devient égale à 81% pour les instances de 35 clients et à 7% pour le groupe de 50 patients.

En observant les moyennes des indicateurs 10 et 5, nous remarquons une tendance : plus l'indicateur 5 est important, plus l'indicateur 10 est grand. Ceci

est ordinaire, car un écart type important entre les durées de service et le temps de service moyen se traduit forcément par un écart type important entre les durées de services et le temps de travail, qui est le même pour toutes les infirmières (270 minutes).

La comparaison des algorithmes qui assignent les RV selon le temps de service le plus petit et ceux qui les assignent selon le temps de parcours le plus petit, pour les instances de 20 clients nous donne un écart de l'ordre de 74%. Toutefois, nous remarquons une tendance à la hausse de cet écart pour les instances de 35 clients (99%) et une tendance à la baisse pour les instances de 50 RV (22%).

Pour le groupe de 20 clients, la comparaison de l'algorithme 1 avec l'heuristique 4 nous donne une différence minime. En effet, l'écart entre ces deux algorithmes est de l'ordre de 9%. Cet écart diminue à 5% pour les instances de 35 et de 50 clients.

4.6.2.8 Étude de l'indicateur 12 : nombre de RV avec langues non satisfaites

L'étude des moyennes de l'indicateur 12, obtenues pour les instances de 20 clients, nous montre que la meilleure valeur est donnée par l'algorithme 1. Par contre, pour les groupes de 35 et de 50 RV, c'est l'algorithme 5 qui devient le meilleur du lot. Nous remarquons une tendance à la hausse des moyennes de l'indicateur 12, au fur et à mesure que le nombre de RV augmente. Ceci est tout à fait normal car en se référant au Tableau B.6 à l'Annexe B, nous voyons que le nombre de clients qui parlent l'anglais varie proportionnellement avec la taille de l'instance. Néanmoins, nous disposons de 2 infirmières qui parlent l'anglais et ce chiffre est maintenu quelque soit le nombre de RV. Ainsi, en augmentant la taille des instances, la probabilité d'assigner un client qui parle l'anglais à une infirmière qui parle le français augmente, d'où la hausse de l'indicateur 12.

À l'exception de quelques valeurs, toutes ces constatations demeurent les mêmes si nous augmentons la demande dans les secteurs C, D, E et F, le nombre de RV « AM », ou encore la durée de traitement moyenne.

Par ailleurs, nous remarquons que les moyennes de l'indicateur 12, obtenues pour les instances de 20 clients sont très proches. Cette constatation reste valable pour les groupes de 35 et de 50 RV.

4.6.2.9 Étude de l'indicateur 13 : nombre de secteurs habituellement assignés

D'après les moyennes de l'indicateur 13, obtenues pour les instances de 20 clients, nous remarquons que la meilleure valeur est donnée par l'algorithme 6. Les résultats sont tous autres, pour les groupes de 35 et de 50 RV, ce sont respectivement les algorithmes 7 et 4 qui deviennent les meilleurs du lot.

Par ailleurs, nous constatons qu'il y a une tendance à la hausse des moyennes de l'indicateur 13, au fur et à mesure que le nombre de RV augmente. Ceci est évident car en se référant au Tableau B.2 à l'Annexe B, nous observons que le nombre de RV associé à chacune des zones « C/D/E/F » ou « A/B » varie proportionnellement avec la taille de l'instance. Ainsi, en augmentant le nombre de RV, la probabilité d'affecter un secteur à l'infirmière dont elle est habituellement responsable augmente, d'où la hausse de l'indicateur 13.

Si nous nous attardons sur les moyennes de l'indicateur 13, obtenues en regroupant les résultats selon les différentes proportions, nous constatons qu'il existe d'importantes variations au niveau de la performance de chaque algorithme. En effet, les meilleures moyennes sont parfois données par un algorithme et parfois par d'autres, il nous est donc difficile de tirer des conclusions quant à la tendance des heuristiques. La seule constatation que nous pouvons faire est que les moyennes de l'indicateur 13, obtenues pour les

instances de 20 clients sont très proches. Cette observation reste valable pour les groupes de 35 et de 50 RV.

4.6.2.10 Étude des indicateurs 14 et 15 : nombre de secteurs et de types de traitement distincts

L'étude des moyennes de des indicateurs 14 et 15, obtenues pour les instances de 20, de 35 et de 50 clients, nous montre que les meilleures valeurs sont données par l'algorithme 4. Cette constatation reste majoritairement la même si nous augmentons la demande dans les secteurs C, D, E et F, le nombre de RV « AM » ou encore la durée de traitement moyenne.

Pour le groupe de 20 clients, nous observons une différence marquée entre les algorithmes tenant compte du balancement de la charge de travail entre les infirmières et ceux qui n'en tiennent pas compte. Toutefois, cet écart diminue au fur et à mesure que le nombre de clients augmente et ce, pour les mêmes raisons expliquées au niveau de l'indicateur 4.

Pour les instances de 20 clients, la différence est moins marquée entre les algorithmes qui assignent les RV selon le temps de service le plus petit et ceux qui les assignent selon le temps de parcours le plus petit. La différence est encore plus minime lorsque nous comparons l'algorithme 1 avec l'heuristique 4. Nous remarquons que ces écarts diminuent au fur et à mesure que le nombre de RV augmente.

En observant les moyennes des indicateurs 2, 14 et 15, nous remarquons une tendance. En fait, nous constatons qu'un écart-type élevé entre les nombres de RV assignés aux infirmières se traduit généralement par un écart-type important entre les nombres de secteurs distincts associés aux infirmières. De même, nous remarquons qu'un écart-type élevé entre les nombres de RV assignés aux

infirmières se traduit généralement par un écart-type important entre les nombres de types de traitement distincts associés aux infirmières.

4.6.2.11 Étude de l'indicateur 16 : nombre de secteurs avec problème de stationnement

L'observation des moyennes de l'indicateur 16, obtenues pour les instances de 20 clients, nous montre que la meilleure valeur est donnée par l'algorithme 1. Par contre, pour les groupes de 35 et de 50 RV, c'est l'algorithme 4 qui devient le meilleur du lot. Ces constatations demeurent majoritairement les mêmes si nous augmentons la demande dans les secteurs C, D, E et F, le nombre de RV « AM » ou encore la durée de traitement moyenne.

Pour le groupe de 20 clients, nous remarquons que les algorithmes tenant compte du balancement de la charge de travail entre les infirmières donnent de meilleurs résultats que ceux qui n'en tiennent pas compte. Toutefois, les moyennes obtenues pour l'indicateur 16 sont très proches et l'écart existant entre ces deux types d'heuristiques diminue au fur et à mesure que le nombre de clients augmente et ce, pour les mêmes raisons expliquées au niveau de l'indicateur 4.

Pour les instances de 20 clients, la différence est encore plus minime entre les algorithmes qui assignent les RV selon le temps de service le plus petit et ceux qui les assignent selon le temps de parcours le plus petit. Toutefois, cet écart croît au fur et à mesure que le nombre de RV augmente.

4.6.2.12 Étude de l'indicateur 17 : nombre de secteurs avec problème de congestion routière

Si nous étudions maintenant les moyennes de l'indicateur 17, obtenues pour les instances de 20, de 35 et de 50 clients, nous remarquons les meilleures valeurs sont données par l'algorithme 4. Cette constatation demeure majoritairement la

même si nous augmentons la demande dans les secteurs C, D, E et F, le nombre de RV « AM » ou encore la durée de traitement moyenne.

Par ailleurs, il est intéressant d'observer la tendance des algorithmes, qui, à quelques exceptions près, s'améliorent en passant d'une proportion de secteurs S1 à une proportion S3. La même constatation reste valable si nous passons d'une proportion de secteurs S2 à une proportion S3. En effet, les moyennes obtenues pour l'indicateur 17 baissent lorsque la demande dans les zones « C/D/E/F » est de 85% et celle dans les zones « A/B » est de 15%. Notons ici que tous les secteurs associés aux zones « C/D/E/F », contrairement à ceux correspondant aux zones « A/B », présentent un problème de trafic. En ayant beaucoup plus de secteurs avec problème de trafic que de secteurs sans problème de trafic, nous augmentons la probabilité que l'indicateur 17 soit plus petit. C'est ce qui explique l'amélioration de la majorité des algorithmes lorsque nous passons à une proportion de secteurs S3.

4.6.2.13 Étude de l'indicateur 18 : nombre de cas lourds

L'observation des moyennes de l'indicateur 18, obtenues pour les instances de 20 et de 35 clients, nous montre que la meilleure valeur est donnée par l'algorithme 1. Par contre, pour le groupe de 50 RV, c'est l'algorithme 7 qui devient le meilleur du lot. Ces constatations demeurent majoritairement les mêmes si nous augmentons la demande dans les secteurs C, D, E et F, le nombre de RV « AM » ou encore la durée de traitement moyenne.

Pour le groupe de 20 clients, nous remarquons que les algorithmes tenant compte du balancement de la charge de travail entre les infirmières donnent de meilleurs résultats que ceux qui n'en tiennent pas compte. Toutefois, l'écart existant entre ces deux types d'heuristiques diminue pour les instances de 35 clients et les algorithmes ne tenant pas compte du balancement de la charge de travail deviennent même supérieurs pour le groupe de 50 clients. Cette

diminution de l'écart entre ces deux types d'algorithmes est expliquée au niveau de l'indicateur 4.

CONCLUSION

Au courant des années 80, des pressions diverses s'exerçaient sur le système de santé québécois. À l'engorgement des centres d'hébergements institutionnels s'ajoutait le vieillissement démographique et ses effets sur l'accroissement des besoins et l'alourdissement de la clientèle. Tous ces facteurs ont incité le gouvernement québécois à orienter son attention vers le maintien à domicile. Cet intérêt croissant, jumelé au vaste champ de recherche qu'offre le MAD, ont attiré l'attention de plusieurs chercheurs.

L'étude des services de soutien à domicile offerts au CLSC Côte-des-Neiges nous a permis de constater la complexité et la diversité des problèmes qui s'y rattachent et de cibler plusieurs perspectives de recherche. La première étant d'étudier le problème d'assignation des clients et de confection des horaires de travail des infirmières. La deuxième étant d'analyser l'aspect organisationnel des services de MAD et de proposer des améliorations.

La première contribution de ce mémoire a été le développement d'heuristiques de confection de tournées et l'étude de l'impact de ces algorithmes sur le balancement de la charge de travail entre les infirmières. L'analyse comparative de ces diverses méthodes est faite à l'aide des 18 indicateurs développés pour cette fin. La majorité des méthodes de résolution et des indicateurs développés peuvent également être utilisés dans d'autres contextes et notamment ceux qui se rapportent aux services à domiciles (les techniciens en téléphonies ou les électriciens par exemple).

La deuxième contribution a été le développement d'un système d'information adapté aux besoins des intervenants du MAD. Ce système vient combler le besoin d'intégration de l'information, qui prend une importance, jusqu'ici inégalée, dans les préoccupations du CLSC. Puisqu'il intègre également les différents algorithmes de confection de tournées et les indicateurs, ce système assiste le personnel de MAD et notamment les répartiteurs dans la création des routes des infirmières.

Les résultats obtenus suite à l'application des huit heuristiques de résolution du problème de MAD démontrent la supériorité des algorithmes qui tiennent compte du balancement de la charge de travail entre les infirmières par rapport à ceux qui n'en tiennent pas compte. Toutefois, nous constatons que ces derniers s'améliorent au fur et à mesure que le nombre de RV augmente et ce, pour la majorité des indicateurs. Ainsi, pour les petites instances de 20 clients, les algorithmes ne tenant pas compte du balancement de la charge de travail génèrent généralement des tournées déséquilibrées. Par contre, ils fournissent des routes relativement équilibrées pour les moyennes et grandes instances, car dans ces cas précis, ce sont les fenêtres de temps des infirmières ou des périodes qui jouent le rôle de la charge de travail.

Lorsque nous comparons les heuristiques tenant compte de l'équilibre entre les charges de travail entre eux, nous constatons que ceux qui assignent les RV selon le temps de service le plus petit sont supérieurs à ceux qui les assignent selon le temps de parcours le plus petit et ce, pour tous les groupes de clients. Cependant, la comparaison des heuristiques qui assignent les RV selon le $P_{i,j}$ entre elles ne démontre pas la supériorité absolue d'un type d'algorithme par rapport à un autre. En effet, les heuristiques qui calculent la charge selon la durée de traitement sont parfois supérieurs à ceux qui la formulent en fonction du nombre de RV et parfois inférieurs.

L'étude comparative des algorithmes de confection de tournées montre que les meilleurs résultats sont majoritairement donnés par les algorithmes qui assignent les RV selon le temps de service le plus petit, soient les heuristiques 1 et 4. Ces méthodes de résolution donnent des résultats très proches, pour la plupart des indicateurs à l'étude. Toutefois, là où l'algorithme 1 se distingue de l'heuristique 4, c'est au niveau des indicateurs 6 et 7 et ce, pour tous les groupes de clients. En effet, les moyennes obtenues pour ces indicateurs montrent qu'il existe un écart important entre ces deux types d'algorithmes, donnant un avantage indéniable à celui qui regroupe les RV selon les périodes.

Notons par ailleurs que l'algorithme 1 donne, pour la plupart des indicateurs, de meilleurs résultats pour les petites et moyennes instances, alors que l'heuristique 4 devient supérieure pour le groupe de 50 RV.

Bien que, à une échelle de comparaison globale (nombre de fois où il a été supérieur), l'algorithme 1 se distingue des autres heuristiques, l'étude des moyennes obtenues pour chaque indicateur démontre qu'il est difficile de trancher en sa faveur. En effet, nous préférons laisser de la flexibilité aux gestionnaires dans la sélection d'un algorithme parmi d'autres car ce choix dépend de l'indicateur à minimiser ou à maximiser, il est donc intimement lié aux particularités du contexte étudié. Le choix d'une heuristique parmi d'autres dépend également des objectifs fixés par les gestionnaires. Une gestion axée sur la minimisation des coûts privilégie les algorithmes qui regroupent les RV selon les périodes et notamment l'algorithme 1. En effet, ces heuristiques donnent les meilleures valeurs pour les indicateurs 1, 6 et 7, elles minimisent donc les coûts de transport et les coûts de service. Par contre, une gestion axée sur la maximisation de la satisfaction du personnel infirmier favorise les algorithmes qui assignent les RV selon le temps de service le plus petit et notamment l'algorithme 4. En fait, ces heuristiques donnent les meilleures valeurs pour les indicateurs de balancement de la charge de travail entre les

infirmières. Enfin les algorithmes qui ne regroupent pas les RV selon les périodes sont privilégiés pour une gestion axée davantage sur la maximisation de la satisfaction des préférences de la clientèle. En effet, ces heuristiques sont majoritairement celles qui optimisent le plus la satisfaction des patients en leur assignant des infirmières qui parlent leurs langues et en leur permettant d'être servis par la même soignante.

Dans le cadre de ce mémoire, plusieurs paramètres ont été fixés selon les caractéristiques des services de MAD au CLSC Côte-des-Neiges et ce, pour des fins de simplification du problème. Ceci constitue la première limite de notre étude. La seconde étant la négligence des effets du trafic au niveau du calcul des durées de parcours entre les clients.

Comme première perspective de recherche, il serait alors intéressant de jouer avec les paramètres fixés et vérifier leur influence. À titre d'exemple, il serait intéressant de vérifier si une variation au niveau des fenêtres de temps des infirmières ou des périodes (les allonger ou les écourter) aurait une influence sur la qualité des tournées bâties. La deuxième avenue de recherche serait d'introduire les effets de la congestion routière dans le calcul des temps de déplacement et d'étudier l'impact de celle-ci sur la performance des algorithmes développés et ce, en terme de balancement de la charge de travail.

RÉFÉRENCES

ABDENNADHER, S., SCHLENKER, H. (1999). « Nurse Scheduling Using Constraint Logic Programming ». *Proceedings of the 11th Conference on Innovative Applications of Artificial Intelligence*. 838-843.

AMERICAN NURSES ASSOCIATION. (2001). *Scope and standards of nursing informatics practice*. Washington D. C. : The Association. 51p.

BAKER, E., SCHAFFER, J. (1986). « Computational experience with branch exchange heuristics for vehicle routing problems with time window constraints ». *American Journal of Mathematical and Management Sciences*. 6. 261-300.

BALL, M. J., HANNAH, K. J., NEWBOLD, S. K., DOUGLAS, J. V. (2000). *Nursing informatics: where caring and technology meet*. New York : Springer-Verlag. 445p.

BEGUR, S., MILLER, D., WEAVER, J. (1997). « An integrated spatial DSS for scheduling and routing home-health-care nurses ». *Interfaces*. 27:4. 35-48.

BÉLAND, F. (1982). *Les principaux résultats de l'analyse des désirs d'hébergement de trois échantillons de personnes âgées du Québec*. Québec : Ministère des Affaires Sociales.

BERRADA, I., FERLAND, J., MICHELON, P. (1996). « A multi-objective approach to nurse scheduling with both hard and soft constraints ». *Socio-Economic Planning Sciences*. 30:3. 183-193.

BERTELS, S., FAHLE, T. (2006). « A hybrid setup for a hybrid scenario: combining heuristics for the home health care problem ». *Computers & Operations Research*. 33. 2866-2890.

BLAIS, M. (2001). *Le découpage territorial pour les services de soins de santé à domicile*. 101p. Mémoire de maîtrise en génie industriel, École Polytechnique de Montréal.

BODIN, L., GOLDEN, B., ASSAD, A., BALL, M. (1983). « Routing and scheduling of vehicles and crews: the state of the art ». *Computers & Operations Research*. 10. 62-212.

BOUCHER, C., CÔTÉ, R. (2000). *Statistiques comparatives sur les services de maintien à domicile au Québec et en Ontario de 1994-1995 à 1996-1997*. Québec : Ministère de la Santé et des Services Sociaux. 72p. 37.

BUREAU DE LA STATISTIQUE DU QUÉBEC (1984). *Perspectives démographiques régionales, 1981-2006*. Québec : Gouvernement du Québec.

CEFRIO (2004). *CLSC du futur : soutien à domicile et télésoins*. Québec. 40p.

CENTRE DE SANTÉ ET DES SERVICES SOCIAUX DE CÔTE-DES-NEIGES, MÉTRO ET PARC-EXTENSION (2005). *Rapport annuel d'activités 2004-2005*. Montréal. 51 p.

CHENG, E., RICH, J.L. (1998). « A home health care routing and scheduling problem ». Technical report CAAMTR98-04, Rice University.

CHRISTOFIDES, N., MINGOZZI, A., TOTH, P. (1979). « The vehicle routing problem ». *Combinational Optimization*. New York : John Wiley & Sons. P. 315-338.

CLSC CÔTE-DES-NEIGES (2004). *Rapport annuel d'activités 2003-2004*. Montréal : Le CLSC. 81 p.

COMMISSION ROCHON (1987). *Dossier personnes âgées*, Programme de consultation d'experts. Québec : Commission d'enquête sur les services de santé et les services sociaux.

CONSEIL DU STATUT DE LA FEMME (2000). *Virage ambulatoire, il faut redresser la trajectoire*. Québec. 16p.

COOK, T., RUSSELL, R. (1978). « A simulation and statistical analysis of stochastic vehicle routing with timing constraints ». *Decision Sciences*. 9:4. 673-687.

CORBERAN, A., FERNANDEZ, E., LAGUNA, M., MARTI, R. (2002). « Heuristic solutions to the problem of routing school buses with multiple objectives ». *Journal of the Operational Research Society*. 53. 427-435.

DANTZIG, G.B., RAMSER, J.H. (1959). « The truck dispatching problem ». *Management Science*. 6. 80-91.

DUBÉ, G. (1988). *Analyse fonctionnelle du programme de maintien à domicile en vue de la création d'un système d'information*. 192p. Mémoire de maîtrise en administration des services de santé, Université de Montréal.

EL-SHERBENY, N. (2001). *Resolution of a vehicle routing problem with multi-objective simulated annealing method*. PhD thesis, Faculté Polytechnique de Mons.

ERNST, A.T., JIANG, H., KRISHNAMOORTHY, M., OWENS, B., SIER, D. (2004). «An annotated bibliography of personnel scheduling and rostering». *Annals of Operations Research*. 127. 21-144.

FÉDÉRATION DES CLSC DU QUÉBEC (1995). *Virage ambulatoire, volet 3 : services à domiciles*. Montréal : la fédération. 38p.

HARRIS, M. D. (2005). *Handbook of home health care administration*. Sudbury, Mass, Jones and Bartlett Publishers. 921p.

ICHOUA, S., GENDREAU, M., POTVIN, J.Y. (2003). « Vehicle dispatching with time-dependent travel times ». *European Journal of Operational Research*. 144. 379-396.

JAUMARD, B., SEMET, F., VOVOR, T. (1998). « A Generalized Linear Programming Model for Nurse Scheduling ». *European Journal of Operational Research*. 107:1. 1-18.

JOZEFOWIEZ, N., SEMET, F., TALBI, E.G. (2002). *Parallel and hybrid models for the multi-objective optimization: Application for the vehicle routing problem*. Proceedings of the Seventh International Conference Parallel Problem Solving from Nature (PPSN). Spain: Springer-Verlag, vol. 2439, 271–280.

LA BRANCHE, R. (1997). *L'évaluation de l'adéquation des technologies de l'information dans les centres hospitaliers*. 222p. Mémoire de maîtrise en sciences de la gestion, École des Hautes Études Commerciales.

LEE, T., UENG, J. (1999). « A study of vehicle routing problems with load-balancing ». *International Journal of Physical Distribution and Logistics Management*. 29. 646-658.

LEROUX, M.H. (2005). *Modélisation des impacts de la congestion routière sur l'élaboration des tournées de services à domicile*. 166p. Mémoire de maîtrise en génie industriel, École Polytechnique de Montréal.

MATHEWS, G. (1988). *Le vieillissement démographique et son impact sur la situation des personnes âgées et les services qui leur sont offerts*. Rapport final de recherche. Montréal : INRS-Urbanisation.

MINISTÈRE DES AFFAIRES SOCIALES (1979). *Les services à domicile, Politique du ministère des affaires sociales*. Québec : Gouvernement du Québec. 7p.

MINISTÈRE DE LA SANTÉ ET DES SERVICES SOCIAUX (2003). *Chez soi le premier choix : La politique de soutien à domicile*. Québec : Gouvernement du Québec. 45p.

MINISTÈRE DE LA SANTÉ ET DES SERVICES SOCIAUX (2004(a)). *Chez soi le premier choix : Précisions pour favoriser l'implantation de la politique de soutien à domicile*. Québec : Gouvernement du Québec. 41p.

MINISTÈRE DE LA SANTÉ ET DES SERVICES SOCIAUX (2006). *La circulation des renseignements de santé dans le contexte du plan d'informatisation du réseau de la santé et des services sociaux*. Québec : Gouvernement du Québec. 17p.

MINISTÈRE DE LA SANTÉ ET DES SERVICES SOCIAUX (1993). *Les services à domicile*. Document de travail, version avril. Québec.

MINISTÈRE DE LA SANTÉ ET DES SERVICES SOCIAUX (1994). *Les services à domicile de première ligne : cadre de référence*. Québec : le Ministère. 21p.

MINISTÈRE DE LA SANTÉ ET DES SERVICES SOCIAUX (2001). *Orientations ministérielles sur les services offerts aux personnes âgées en perte d'autonomie*. Québec : le Ministère. 47p.

MINISTÈRE DE LA SANTÉ ET DES SERVICES SOCIAUX (2004(b)). *Plan d'informatisation du réseau de la santé et des services sociaux*. Québec : Gouvernement du Québec. 39p.

MINISTÈRE DE LA SANTÉ ET DES SERVICES SOCIAUX (1989). *Politique de santé mentale*. Québec : Gouvernement du Québec. 26p.

MINISTÈRE DE LA SANTÉ ET DES SERVICES SOCIAUX (1991). *Politique de services à domicile*. Document de travail, version novembre. Québec.

MOLE, R.H., JAMESON, S.R. (1976). « A sequential route-building algorithm employing a generalized savings criterion ». *Operational Research Quarterly*. 27:2. 503-511.

NIKOLAKOPOULOU, G., KORTESIS, S., SYNEFAKI, A., KALFAKAKOU, R. (2004). « Solving a vehicle routing problem by balancing the vehicles time utilization ». *European Journal of Operational Research*. 152. 520-527.

POTVIN, J.Y., ROUSSEAU, J.M. (1993). « A parallel route building algorithm for the vehicle routing and scheduling problem with time windows ». *European Journal of Operational Research*. 66. 331-340.

POTVIN, J.Y., XU, Y., BENYAHIA, I. (2006). « Vehicle routing and scheduling with dynamic travel times ». *Computers & Operations Research*. 33. 1129-1137.

RIBEIRO, R., LOURENCO, H.R. (2001). « A multi-objective model for a multi period distribution management problem ». MIC'2001. 97-102.

ROY, J. (1994). « L'histoire du maintien à domicile ou les nouveaux apôtres de l'État ». *Service Social*. 43 :1. 7-32.

RUSSELL, R. (1977). « An effective heuristic for the M-tour traveling salesman problem with some side conditions ». *Operations Research*. 25. 517-524.

SAVELSBERGH, M.W.P. (1985). « Local search in routing problems with time windows ». *Annals of Operations Research*. 4. 285-305.

SICOTTE, C., TILQUIN, C., VALOIS, M. (1991). *La gestion de l'information dans les établissements de santé : l'expérience québécoise*. Ottawa : Presses de l'Association des hôpitaux du Canada. 39p.

SOLOMON, M.M. (1987). « Algorithms for the vehicle routing and scheduling problems with time window constraints ». *Operations Research*. 35:2. 254-265.

WOERNER, L., FELDSTEIN, K.C. (1988). *Scheduling Home Health Care Personnel*. New York : John Wiley & Sons. 267p.

ANNEXE A : MÉTHODE DE RÉOLUTION 2

Cette section présente les grandes lignes de l'Algorithme 2. Une description de cette heuristique a déjà été offerte à la section 3.2.2. Dans le but de décrire les étapes de l'Algorithme 2, nous avons rajouté le paramètre q , qui constitue l'indice correspondant à la position du $P_{i,j}$ suite à l'ordonnancement des $P_{i,j}$ du plus petit au plus grand.

Voici les principales étapes de l'Algorithme 2 :

1. Extraire la liste des RV du jour
2. Renvoyer les RV « PM », « soir » et « tel » à l'équipe de surplus
3. Initialiser l'ensemble des infirmières \mathcal{S}
 - a. Calculer I
 - b. Pour chaque infirmière i ($i \in \mathcal{S}$), faire
 - c. Initialiser $Id(i)$ et $If(i)$
4. Extraire les RV « à jeun » et « AM »
 - a. Initialiser l'ensemble des RV à ordonnancer \mathcal{R}
 - b. Calculer R
 - c. Initialiser $CNVT$ à 0
 - d. Initialiser $CNRT$ à 0

$$e. \text{ Calculer la charge : } Charge = \frac{\sum_{j=1}^R d(r_j)}{I}$$

5. Extraire les RV « à jeun »
 - a. Initialiser l'ensemble des RV « à jeun » \mathcal{U}
 - b. Calculer N
 - c. Initialiser CNV à 0
 - d. Initialiser CNR à 0
 - e. Pour chaque RV $r_n, n \in \mathcal{U}$, faire
 - Initialiser $Rd(r_n)$ et $Rf(r_n)$
6. Si $N \neq 0$, faire
 - a. Pour chaque infirmière i ($i \in \mathcal{S}$), faire

- Initialiser $r_{0,i}$ à CLSC
- Initialiser $r_{k,i}$ à $r_{0,i}$
- Initialiser $t_{0,i}$ à $Id(i)$
- Initialiser et calculer $td_{0,i} = t_{0,i} + d(r_{0,i}) = Id(i)$
- Initialiser $td_{k,i}$ à $td_{0,i}$
- Initialiser $H(i)$ à $\lfloor (r_{0,i}, t_{0,i}) \rfloor$
- b. Pour chaque infirmière i ($i \in \mathcal{S}$), faire
 - Pour chaque RV $r_n, n \in \mathcal{R}$, faire
 - Calculer $P_{i,n} = TP(r_{k,i}, r_n)$
- c. Ordonner les $P_{i,n}$ du plus petit au plus grand et selon l'ordre leur assigner une valeur de $q = 1, \dots, (N - CNV) * I$
- d. Sélectionner le $P_{i,n}^q \quad q = 1$
 - $P_{i,n}^* \leftarrow P_{i,n}^q$
 - Déterminer les valeurs de i^* et n^* correspondant à $P_{i,n}^*$
- e. Calculer $td_{k^*,i^*} = t_{k^*,i^*} + d(r_{k^*,i^*})$
- f. Calculer $A_{i^*,n^*} = TP\left(r_{k^*,i^*}, r_{n^*}\right) + td_{k^*,i^*}$
- g. Si $A_{i^*,n^*} < If(i^*)$ et $A_{i^*,n^*} > Rd(r_{n^*})$ et $A_{i^*,n^*} < Rf(r_{n^*})$ et $(CNV + CNR) \neq N$ et $\sum_{l=1}^{k_i^*} d(r_{l,i^*}) \leq Charge$, faire
 - Affecter le RV r_{n^*} à l'infirmière i^*
 - Remplacer r_{n^*} par r_{k^*,i^*}
 - Retirer le RV r_{n^*} de l'ensemble des RV « à jeun » : $\mathcal{R} \setminus n^*$
 - Retirer le RV r_{n^*} de l'ensemble des RV : $\mathcal{R} \setminus n^*$
 - Mettre à jour $H(i^*)$
 - Incréments CNV de 1
 - Incréments $CNVT$ de 1
 - $q \leftarrow 1$
 - Aller à l'Étape 6.b.

- h. Si $A_{i^*,n^*}^* > If(i^*)$ ou $A_{i^*,n^*}^* < Rd(r_{n^*}^*)$ ou $A_{i^*,n^*}^* > Rf(r_{n^*}^*)$ ou $\sum_{l=1}^{k^*} d(r_{l,i^*}^*) > Charge$ et $(CNV + CNR) \neq N$, faire
- Si $q \neq (N - CNV) * I$, faire
 - Incréments q de 1
 - Sélectionner $P_{i,n}^q$
 - $P_{i,n}^* \leftarrow P_{i,n}^q$
 - Déterminer les valeurs de i^* et n^* correspondant à $P_{i,n}^*$
 - Aller à l'étape 6.e.
 - Si $q = (N - CNV) * I$, faire
 - Pour chaque RV $r_n, n \in \mathcal{N}$, faire
 - Affecter r_n à l'équipe de surplus
 - Retirer le RV r_n de l'ensemble des RV « à jeun » : $\mathcal{N} \setminus n$
 - Retirer le RV r_n de l'ensemble des RV : $\mathcal{R} \setminus n$
 - Incréments CNR de 1
 - Incréments $CNRT$ de 1
- i. Si $(CNV + CNR) = N$ et $(CNVT + CNRT) \neq R$, faire
- Initialiser l'ensemble des RV « AM » \mathcal{M}
 - Calculer M
 - Initialiser CNV à 0
 - Initialiser CNR à 0
 - Pour chaque RV $r_m, m \in \mathcal{M}$, faire
 - Initialiser $Rd(r_m)$ et $Rf(r_m)$
 - Aller à l'Étape 6.b. en remplaçant \mathcal{N} par \mathcal{M} , N par M et n par m
- j. Si $(CNV + CNR) = N$ et $(CNVT + CNRT) = R$, faire
- Arrêter Algorithme 2
7. Si $N = 0$, faire
- a. Initialiser l'ensemble des RV « AM » \mathcal{M}
 - b. Calculer M
 - c. Si $M \neq 0$, faire
 - Initialiser CNV à 0
 - Initialiser CNR à 0
 - Pour chaque RV $r_m, m \in \mathcal{M}$, faire

- Initialiser $Rd(r_m)$ et $Rf(r_m)$
 - Aller à l'Étape 6.a. en remplaçant \mathcal{N} par \mathfrak{N} , N par M et n par m
- d. Si $M = 0$, faire
 - Arrêter Algorithme 2

ANNEXE B : INTRANTS DES SIMULATIONS

Cette section présente l'ensemble de tous les intrants des simulations. Le premier tableau donne les intrants des infirmières.

Tableau B.1 Intrants relatifs aux infirmières

Infirmière	Secteurs	Horaire de travail	Langue	Certification
Infirmière 1	120 – 402 – 403 – 401 – 121 – 400 – 404	7h30 à 12h00	F	N
Infirmière 2	360 – 361 – 362 – 363 – 364 – 365 – 366 – 367	7h30 à 12h00	A	O
Infirmière 3	125 – 124 – 122 – 123	7h30 à 12h00	A	O
Infirmière 4	126 – 127,01 – 127 – 115,02	7h30 à 12h00	F	O
Infirmière 5	115,01 – 114 – 108 – 109 – 113 – 116 – 116,1 – 117 – 117,1	7h30 à 12h00	F	N
Infirmière 6	112,02 – 112,01 – 118 – 118,1 – 119 – 119,1	7h30 à 12h00	F	N

Les trois tableaux qui suivent présentent, pour chaque groupe de clients, le nombre de RV correspondant à chacune des neuf proportions considérées.

Tableau B.2 Nombre de RV pour chaque proportion de secteurs

	S1	S2	S3
	47% C/D/E/F 53% A/B	66% C/D/E/F 34% A/B	85% C/D/E/F 15% A/B
20 RV	9 RV 11 RV	13 RV 7 RV	17 RV 3 RV
35 RV	16 RV 19 RV	23 RV 12 RV	30 RV 5 RV
50 RV	23 RV 27 RV	33 RV 17 RV	42 RV 8 RV

Tableau B.3 Nombre de RV pour chaque proportion de périodes

	P1	P2	P3
	48% AM 52% AJ	69% AM 31% AJ	90% AM 10% AJ
20 RV	9 RV 11 RV	14 RV 6 RV	18 RV 2 RV
35 RV	17 RV 18 RV	24 RV 11 RV	31 RV 4 RV
50 RV	24 RV 26 RV	34 RV 16 RV	45 RV 5 RV

Tableau B.4 Nombre de RV pour chaque proportion de durées de traitement

	D1	D2	D3
	60% (15min) 20% (30min) 20% (45min)	60% (30min) 20% (15min) 20% (45min)	60% (45min) 20% (30min) 20% (15min)
20 RV	12 RV 4 RV 4 RV	12 RV 4 RV 4 RV	12 RV 4 RV 4 RV
35 RV	21 RV 7 RV 7 RV	21 RV 7 RV 7 RV	21 RV 7 RV 7 RV
50 RV	30 RV 10 RV 10 RV	30 RV 10 RV 10 RV	30 RV 10 RV 10 RV

Les tableaux qui suivent présentent le nombre de RV associés à chaque type de traitement et à chaque langue parlée.

Tableau B.5 Nombre de RV pour chaque type de traitement

	Enfance jeunesse Famille	Santé physique	Déficiences physique	Déficiences intellectuelle	Santé mentale	Santé publique	Personnes âgées en perte d'autonomie
	7%	36%	2%	1%	10%	32%	12%
20 RV	1 RV	7 RV	1 RV	1 RV	2 RV	6 RV	2 RV
35 RV	2 RV	13 RV	1 RV	1 RV	3 RV	11 RV	4 RV
50 RV	3 RV	18 RV	1 RV	1 RV	5 RV	16 RV	6 RV

Tableau B.6 Nombre de RV pour chaque langue parlée

	F	A
	48,5%	51,5%
20 RV	10 RV	10 RV
35 RV	17 RV	18 RV
50 RV	24 RV	26 RV

Dans le tableau qui suit, nous présentons les intrants relatifs aux secteurs. Nous avons assigné la valeur « Oui » (O) aux secteurs qui présentent un problème de stationnement et la valeur « Non » (N) au reste. De même, nous avons associé une valeur « Oui » (O) aux secteurs qui présentent un problème de congestion routière et la valeur « Non » (N) au reste.

Tableau B.7 Intrants des secteurs

Équipe	secteur	Problème de stationnement	Problème de congestion
A	360	O	N
	361	O	N
	362	O	N
	363	O	N
	364	O	N
	365	O	N
	366	O	N
F	367	O	N
	125	N	O
	124	N	O
	122	N	O
E	123	N	O
	126	N	O
	127,01	N	O
	127	N	O
D	115,02	N	O
	115,01	N	O
	114	N	O
	108	N	O
	109	N	O
	113	N	O
	116	N	O
	116,1	N	O
	117	N	O
	117,1	N	O
C	112,02	O	O
	112,01	O	O
	118	O	O
	118,1	O	O
	119	O	O
	119,1	O	O
	120	N	N
B	402	N	N
	403	N	N
	401	N	N
	121	N	N
	400	N	N
	404	N	N

Le tableau qui suit résume l'ensemble des combinaisons possibles à partir des trois valeurs associées respectivement aux secteurs, aux périodes et aux durées de traitement.

Tableau B.8 Combinaisons des proportions

	47% C/D/E/F 53% A/B	66% C/D/E/F 34% A/B	85% C/D/E/F 15% A/B	48% AM 52% AJ	69%AM 31%AJ	90%AM 10% AJ	60% (15min) 20% (30min) 20% (45min)	60% (30min) 20% (15min) 20% (45min)	60% (45min) 20% (30min) 20% (15min)
Instance1	✓			✓			✓		
Instance2	✓			✓				✓	
Instance3	✓			✓					✓
Instance4	✓				✓		✓		
Instance5	✓				✓			✓	
Instance6	✓				✓				✓
Instance7	✓					✓	✓		
Instance8	✓					✓		✓	
Instance9	✓					✓			✓
Instance10		✓		✓			✓		
Instance11		✓		✓				✓	
Instance12		✓		✓					✓
Instance13		✓			✓		✓		
Instance14		✓			✓			✓	
Instance15		✓			✓				✓
Instance16		✓				✓	✓		
Instance17		✓				✓		✓	
Instance18		✓				✓			✓
Instance19			✓	✓			✓		
Instance20			✓	✓				✓	
Instance21			✓	✓					✓
Instance22			✓		✓		✓		
Instance23			✓		✓			✓	
Instance24			✓		✓				✓
Instance25			✓			✓	✓		
Instance26			✓			✓		✓	
Instance27			✓			✓			✓

ANNEXE C : RÉSULTATS COMPLÉMENTAIRES

Cette section contient des tableaux de résultats qui n'ont pas été inclus dans le quatrième chapitre afin d'alléger le corps du texte. Ils sont présentés en complément des Tableaux 4.5 et 4.6 de la section 4.2.3.2. Les deux premiers tableaux présentent les moyennes des indicateurs obtenues pour les instances de 35 et de 50 clients. Par contre, le reste des tableaux donnent pour chaque indicateur, les moyennes obtenues suite au regroupement des résultats selon les proportions des secteurs, des périodes et des durées de traitement. Il est à noter que nous avons colorié les cases donnant les valeurs optimales des indicateurs pour les tableaux présentant les moyennes obtenues pour les instances de 35 et de 50 clients.

Tableau C.1 Moyennes des indicateurs pour les instances de 35 clients

	Algo. 1	Algo. 2	Algo. 3	Algo. 4	Algo. 5	Algo. 6	Algo. 7	Algo. 8
Indicateur 1 : Écart durée de déplacement / limite inférieure	—	—	—	—	—	—	—	—
Indicateur 2 : Écart nombre de RV / charge (RV)	0,53	1,14	0,44	0,41	1,23	0,92	1,45	1,50
Indicateur 3 : Écart durée de traitement / charge (durée de traitement)	12,60	27,31	23,41	14,36	37,23	35,45	40,58	46,28
Indicateur 4 : Écart durée de déplacement / temps de parcours moyen	9,37	13,39	6,75	7,48	14,42	10,93	16,69	17,28
Indicateur 5 : Écart durée de service / temps de service moyen	17,47	34,99	24,44	19,73	48,63	43,36	52,69	61,22
Indicateur 6 : Nombre de RV de l'équipe de surplus	0,33	0,33	0,41	4,48	3,81	3,70	0,37	3,44
Indicateur 7 : Durée de traitement de l'équipe de surplus	15,00	12,22	15,00	179,44	119,44	116,67	12,78	108,89
Indicateur 8 : Nombre de RV hors fenêtres de temps (périodes)	0	0	0	0	0	0	0	0
Indicateur 9 : Nombre de RV hors fenêtres de temps (infirmières)	0	0	0	0	0	0	0	0

Tableau C.1 Moyennes des indicateurs pour les instances de 35 clients (suite)

	Algo. 1	Algo. 2	Algo. 3	Algo. 4	Algo. 5	Algo. 6	Algo. 7	Algo. 8
Indicateur 10 : Écart durée de service / temps de travail	0,067	0,13	0,09	0,070	0,17	0,16	0,20	0,22
Indicateur 11 : Nombre de RV avec qualifications non couvertes	0	0	0	0	0	0	0	0
Indicateur 12 : Nombre de RV avec langues non satisfaites	17,67	17,85	18,74	15,56	15,33	16,48	17,41	15,89
Indicateur 13 : Nombre de secteurs habituellement assignés	5,78	5,22	4,52	3,96	5,04	4,37	5,93	4,93
Indicateur 14 : Nombre de secteurs distincts visités	0,74	1,06	0,83	0,62	1,01	0,88	1,21	1,11
Indicateur 15 : Nombre de types de traitement distincts	0,71	1,12	0,65	0,57	1,14	0,92	1,35	1,34
Indicateur 16 : Nombre de secteurs avec problème de stationnement	1,44	1,77	1,79	1,34	1,58	1,51	1,85	1,65
Indicateur 17 : Nombre de secteurs avec problème de trafic	1,32	2,08	1,81	1,28	1,52	1,45	2,20	1,63
Indicateur 18 : Nombre de cas lourds	1,02	1,22	1,06	1,09	1,16	1,12	1,33	1,29

Tableau C.2 Moyennes des indicateurs pour les instances de 50 clients

	Algo. 1	Algo. 2	Algo. 3	Algo. 4	Algo. 5	Algo. 6	Algo. 7	Algo. 8
Indicateur 1 : Écart durée de déplacement / limite inférieure	—	—	—	—	—	—	—	—
Indicateur 2 : Écart nombre de RV / charge (RV)	0,52	0,73	0,69	0,28	0,86	0,79	0,74	0,87
Indicateur 3 : Écart durée de traitement / charge (durée de traitement)	13,35	15,89	14,22	12,96	20,43	21,35	14,75	21,19
Indicateur 4 : Écart durée de déplacement / temps de parcours moyen	7,33	9,29	9,21	6,43	11,28	10,29	9,70	10,98
Indicateur 5 : Écart durée de service / temps de service moyen	15,81	15,99	13,64	16,57	24,58	24,70	14,58	24,97
Indicateur 6 : Nombre de RV de l'équipe de surplus	8,59	9,63	9,81	10,89	11,70	11,07	9,44	11,44
Indicateur 7 : Durée de traitement de l'équipe de surplus	375,56	317,78	318,89	442,22	376,11	366,67	313,33	368,89
Indicateur 8 : Nombre de RV hors fenêtres de temps (périodes)	0	0	0	0	0	0	0	0
Indicateur 9 : Nombre de RV hors fenêtres de temps (infirmières)	0	0	0	0	0	0	0	0

Tableau C.2 Moyennes des indicateurs pour les instances de 50 clients (suite)

Indicateur 10 : Écart durée de service / temps de travail	0,059	0,059	0,051	0,061	0,091	0,091	0,054	0,092
Indicateur 11 : Nombre de RV avec qualifications non couvertes	0	0	0	0	0	0	0	0
Indicateur 12 : Nombre de RV avec langues non satisfaites	21,48	20,19	19,81	18,89	18,67	20,78	20,22	19,48
Indicateur 13 : Nombre de secteurs habituellement assignés	5,44	5,78	5,26	6,56	5,85	5,52	5,48	5,26
Indicateur 14 : Nombre de secteurs distincts visités	0,74	0,93	0,96	0,73	0,90	0,88	0,96	0,88
Indicateur 15 : Nombre de types de traitement distincts	0,84	0,92	0,86	0,77	0,96	1,02	0,85	0,93
Indicateur 16 : Nombre de secteurs avec problème de stationnement	1,54	1,98	1,92	1,50	1,79	1,77	2,00	1,82
Indicateur 17 : Nombre de secteurs avec problème de trafic	1,65	2,08	2,08	1,47	1,50	1,49	2,13	1,52
Indicateur 18 : Nombre de cas lourds	1,24	1,15	1,12	1,19	1,28	1,24	1,10	1,22

Tableau C.3 Moyennes de l'indicateur 2

		Alg. 1 Z_{ij}	Alg. 2 P_{ij} & charge: Durée traitement	Alg. 3 $P_{i,i}$ & charge: Nombre RV	Alg. 4 $Z_{i,j}$	Alg. 5 $P_{i,i}$ & charge: Durée traitement	Alg. 6 $P_{i,i}$ & charge: Nombre RV	Alg. 7 P_{ij}	Alg. 8 $P_{i,j}$
20 clients	S1	0,44	0,89	0,87	0,39	0,66	0,79	1,63	1,54
	S2	0,50	0,82	0,83	0,40	0,76	0,77	1,56	1,29
	S3	0,47	0,88	0,85	0,44	0,80	0,83	1,69	1,40
	P1	0,47	0,71	0,76	0,33	0,61	0,67	1,30	0,99
	P2	0,47	1,00	0,87	0,44	0,71	0,78	1,85	1,44
	P3	0,47	0,87	0,91	0,45	0,90	0,94	1,72	1,79
	D1	0,50	1,10	0,93	0,47	0,82	0,84	1,80	1,49
	D2	0,44	0,83	0,80	0,32	0,62	0,69	1,61	1,40
	D3	0,47	0,66	0,81	0,43	0,77	0,87	1,46	1,34
35 clients	S1	0,47	1,31	0,41	0,35	1,32	1,00	1,57	1,54
	S2	0,53	1,10	0,40	0,41	1,19	0,85	1,36	1,44
	S3	0,58	0,99	0,52	0,46	1,17	0,90	1,41	1,52
	P1	0,48	1,15	0,47	0,31	1,21	1,13	1,47	1,36
	P2	0,60	1,13	0,45	0,44	1,36	1,00	1,56	1,68
	P3	0,49	1,13	0,39	0,47	1,12	0,62	1,33	1,46
	D1	0,57	1,54	0,37	0,34	1,40	0,82	2,11	2,05
	D2	0,41	1,08	0,37	0,42	1,14	0,92	1,47	1,28
	D3	0,60	0,78	0,58	0,45	1,14	1,01	0,77	1,17
50 clients	S1	0,48	0,70	0,71	0,31	0,80	0,73	0,73	0,78
	S2	0,52	0,75	0,66	0,23	1,04	0,89	0,69	1,03
	S3	0,57	0,74	0,71	0,28	0,75	0,74	0,80	0,80
	P1	0,48	0,84	0,71	0,38	1,07	1,00	0,87	1,06
	P2	0,54	0,60	0,61	0,22	0,81	0,71	0,62	0,81
	P3	0,56	0,75	0,76	0,23	0,70	0,65	0,73	0,73
	D1	0,53	0,95	0,86	0,36	1,15	1,05	0,98	1,16
	D2	0,49	0,62	0,64	0,18	0,77	0,71	0,60	0,74
	D3	0,55	0,63	0,58	0,30	0,67	0,60	0,64	0,71

Tableau C.4 Moyennes de l'indicateur 3

		Alg. 1 $Z_{i,j}$	Alg. 2 $P_{i,j}$ & charge: Durée traitement	Alg. 3 $P_{i,j}$ & charge: Nombre RV	Alg. 4 $Z_{i,j}$	Alg. 5 $P_{i,j}$ & charge: Durée traitement	Alg. 6 $P_{i,j}$ & charge: Nombre RV	Alg. 7 $P_{i,j}$	Alg. 8 $P_{i,j}$
20 clients	S1	14,45	26,65	33,14	16,46	21,04	29,52	55,81	46,94
	S2	13,73	23,03	28,51	16,23	20,85	23,78	44,84	36,42
	S3	17,32	23,00	28,10	16,68	24,97	31,65	51,64	47,27
	P1	12,27	21,84	27,38	15,95	18,36	21,16	43,18	31,56
	P2	15,60	25,56	31,20	16,68	19,68	27,39	56,56	43,23
	P3	17,63	25,28	31,17	16,73	28,82	36,40	52,55	55,84
	D1	16,09	24,81	28,15	18,71	21,76	28,98	41,31	36,69
	D2	15,96	26,13	30,63	17,47	22,85	25,28	57,76	48,44
	D3	13,45	21,75	30,97	13,19	22,24	30,70	53,23	45,50
35 clients	S1	13,42	31,19	24,12	14,16	38,59	37,89	45,13	47,29
	S2	13,01	22,05	21,50	15,63	36,82	32,62	37,02	44,46
	S3	11,38	28,67	24,60	13,30	36,28	35,84	39,58	47,10
	P1	13,22	33,19	27,14	14,76	43,32	44,10	42,96	46,30
	P2	11,76	23,62	19,27	14,04	35,45	35,49	37,12	46,81
	P3	12,83	25,10	23,81	14,29	32,92	26,76	41,65	45,74
	D1	13,89	33,88	24,88	15,02	29,51	28,10	54,89	47,94
	D2	11,07	27,65	24,60	14,31	38,04	36,71	45,24	45,03
	D3	12,85	20,38	20,74	13,75	44,14	41,55	21,60	45,89
50 clients	S1	12,61	16,47	15,13	13,14	20,01	22,16	16,16	21,93
	S2	15,10	15,26	11,16	12,19	25,51	22,35	13,17	23,79
	S3	12,33	15,93	16,37	13,56	15,78	19,56	14,92	17,85
	P1	14,04	18,34	16,45	13,93	28,51	29,41	16,16	29,31
	P2	13,53	15,84	13,88	12,64	18,06	19,17	13,76	20,54
	P3	12,47	13,48	12,31	12,31	14,73	15,49	14,33	13,73
	D1	14,47	19,61	16,75	13,97	25,95	28,94	17,50	29,36
	D2	13,66	14,10	13,34	12,32	19,26	15,96	13,59	17,67
	D3	11,92	13,94	12,57	12,60	16,09	19,16	13,16	16,54

Tableau C.5 Moyennes de l'indicateur 4

		Alg. 1 $Z_{i,j}$	Alg. 2 $P_{i,j}$ & charge: Durée traitement	Alg. 3 $P_{i,j}$ & charge: Nombre RV	Alg. 4 $Z_{i,j}$	Alg. 5 $P_{i,j}$ & charge: Durée traitement	Alg. 6 $P_{i,j}$ & charge: Nombre RV	Alg. 7 $P_{i,j}$	Alg. 8 $P_{i,j}$
20 clients	S1	7,32	12,64	12,35	6,15	9,28	11,91	23,17	20,00
	S2	7,66	10,66	9,79	7,00	10,14	10,31	19,59	17,46
	S3	7,44	11,01	10,58	6,99	10,55	10,72	20,75	17,23
	P1	7,70	10,23	11,09	6,35	9,69	10,45	18,14	13,69
	P2	7,61	12,27	9,79	6,88	9,34	9,88	23,31	18,01
	P3	7,12	11,82	11,84	6,92	10,93	12,62	22,06	22,99
	D1	7,45	13,49	11,22	5,54	9,68	11,16	21,99	18,71
	D2	7,28	11,07	10,85	6,24	8,61	9,61	21,66	18,11
	D3	7,69	9,76	10,64	8,36	11,68	12,17	19,86	17,87
35 clients	S1	8,42	16,87	7,17	6,87	15,13	12,15	19,45	17,85
	S2	9,43	12,67	6,69	7,64	13,97	9,94	15,83	16,65
	S3	10,26	10,62	6,39	7,93	14,17	10,69	14,80	17,34
	P1	8,38	12,58	6,82	6,60	14,51	13,84	16,04	15,88
	P2	9,99	13,12	7,25	6,55	15,89	11,33	18,00	19,45
	P3	9,72	14,45	6,18	9,28	12,88	7,61	16,04	16,51
	D1	10,31	17,57	5,52	6,48	16,07	9,09	23,69	23,35
	D2	8,16	12,89	6,59	7,70	13,68	11,44	16,96	14,18
	D3	9,63	9,70	8,14	8,26	13,52	12,24	9,43	14,30
50 clients	S1	6,67	8,76	8,88	6,20	10,10	8,60	9,26	9,57
	S2	7,43	9,27	8,62	6,06	13,88	11,75	9,55	13,64
	S3	7,90	9,83	10,14	7,03	9,86	10,52	10,30	9,75
	P1	7,54	10,07	8,60	7,88	13,48	11,95	10,51	12,51
	P2	7,89	8,30	8,70	6,66	10,81	8,96	8,97	10,36
	P3	6,57	9,49	10,34	4,75	9,55	9,96	9,63	10,09
	D1	7,87	11,66	11,50	6,34	14,74	13,66	12,64	14,51
	D2	6,36	7,26	7,62	6,40	9,26	8,14	7,03	9,13
	D3	7,77	8,93	8,52	6,56	9,83	9,08	9,45	9,31

Tableau C.6 Moyennes de l'indicateur 5

		Alg. 1 Z_{ij}	Alg. 2 P_{ij} & charge: Durée traitement	Alg. 3 P_{ij} & charge: Nombre RV	Alg. 4 Z_{ij}	Alg. 5 P_{ij} & charge: Durée traitement	Alg. 6 P_{ij} & charge: Nombre RV	Alg. 7 P_{ij}	Alg. 8 P_{ij}
20 clients	S1	18,31	36,16	43,75	19,79	27,38	39,64	77,71	65,53
	S2	17,58	30,80	36,54	20,66	27,90	31,41	63,28	51,77
	S3	21,03	31,50	36,81	21,86	31,55	40,57	71,47	63,31
	P1	16,30	28,68	36,56	19,43	24,57	29,07	60,31	43,23
	P2	18,01	34,80	39,07	20,97	24,67	34,86	78,68	59,63
	P3	22,61	34,98	41,48	21,91	37,59	47,69	73,48	77,74
	D1	20,14	36,09	37,51	23,77	27,75	37,53	61,89	53,34
	D2	19,65	34,51	39,61	19,06	28,37	33,25	78,70	65,29
	D3	17,13	27,86	39,99	19,48	30,71	40,84	71,87	61,97
35 clients	S1	16,37	43,26	25,20	18,46	49,79	45,83	59,02	61,87
	S2	18,40	27,84	22,37	21,32	48,64	40,00	48,50	59,33
	S3	17,63	33,88	25,74	19,40	47,45	44,24	50,55	62,46
	P1	18,21	41,04	29,83	19,35	55,88	55,39	55,63	60,89
	P2	16,97	31,41	20,97	18,28	48,28	43,95	50,53	63,39
	P3	17,22	32,52	22,52	21,55	41,72	30,74	51,90	59,38
	D1	18,77	46,73	25,98	18,47	41,77	34,02	76,19	69,16
	D2	16,18	36,52	25,68	20,39	50,12	46,17	59,62	57,83
	D3	17,45	21,72	21,66	20,32	53,99	49,88	22,25	56,66
50 clients	S1	15,39	15,19	15,39	17,55	22,10	22,10	14,64	22,57
	S2	16,89	17,30	10,61	15,14	32,04	27,63	13,36	31,06
	S3	15,14	15,47	14,91	17,04	19,60	24,39	15,74	21,28
	P1	16,45	20,64	15,44	20,27	39,04	38,17	18,09	37,96
	P2	15,52	14,23	13,36	15,98	21,55	20,63	13,01	23,56
	P3	15,46	13,09	12,11	13,47	13,15	15,31	12,64	13,39
	D1	16,87	17,68	14,20	18,26	31,37	34,10	15,48	34,24
	D2	15,14	14,48	13,56	14,76	24,20	19,57	14,11	21,44
	D3	15,42	15,79	13,16	16,71	18,17	20,44	14,14	19,23

Tableau C.7 Moyennes de l'indicateur 6

		Alg. 1 $Z_{i,j}$	Alg. 2 $P_{i,j}$ & charge: Durée traitement	Alg. 3 $P_{i,j}$ & charge: Nombre RV	Alg. 4 $Z_{i,j}$	Alg. 5 $P_{i,j}$ & charge: Durée traitement	Alg. 6 $P_{i,j}$ & charge: Nombre RV	Alg. 7 $P_{i,j}$	Alg. 8 $P_{i,j}$
20 clients	S1	0	0	0	0,56	0,33	0,33	0	0,11
	S2	0	0	0	0,44	0,22	0,11	0	0
	S3	0	0	0	0,33	0,11	0,11	0	0
	P1	0	0	0	0,78	0,33	0,33	0	0
	P2	0	0	0	0,33	0,22	0,11	0	0,11
	P3	0	0	0	0,22	0,11	0,11	0	0
	D1	0	0	0	0	0	0	0	0
	D2	0	0	0	0,89	0	0,11	0	0
	D3	0	0	0	0,44	0,67	0,44	0	0,11
35 clients	S1	0,33	0,22	0,33	4,44	3,67	3,67	0,33	3,44
	S2	0,33	0,22	0,33	3,89	3,56	3,33	0,11	3,11
	S3	0,33	0,56	0,56	5,11	4,22	4,11	0,67	3,78
	P1	0,44	0,78	0,78	6,89	6,89	6,56	0,89	6,67
	P2	0,33	0,11	0,22	4,33	3,44	3,33	0	2,89
	P3	0,22	0,11	0,22	2,22	1,11	1,22	0,22	0,78
	D1	0	0	0	3,67	2,44	2,22	0	1,89
	D2	0	0	0	4,67	4,11	4,11	0	3,78
	D3	1	1	1,22	5,11	4,89	4,78	1,11	4,67
50 clients	S1	8,33	10,11	10,22	10,78	11,89	11,33	9,67	11,56
	S2	8,11	9,11	9,22	10,22	11,56	10,78	9,11	11,11
	S3	9,33	9,67	10,00	11,67	11,67	11,11	9,56	11,67
	P1	8,33	9,11	9,11	13,56	13,78	13,22	9,00	13,56
	P2	9,78	10,56	10,78	11,11	11,67	11,00	10,11	11,33
	P3	7,67	9,22	9,56	8,00	9,67	9,00	9,22	9,44
	D1	4,00	4,78	5,00	8,22	8,11	7,22	4,67	7,78
	D2	8,78	9,89	10,00	10,00	11,67	11,33	9,67	11,56
	D3	13,00	14,22	14,44	14,44	15,33	14,67	14,00	15,00

Tableau C.8 Moyennes de l'indicateur 7

		Alg. 1 $Z_{i,j}$	Alg. 2 $P_{i,j}$ & charge: Durée traitement	Alg. 3 $P_{i,j}$ & charge: Nombre RV	Alg. 4 $Z_{i,j}$	Alg. 5 $P_{i,j}$ & charge: Durée traitement	Alg. 6 $P_{i,j}$ & charge: Nombre RV	Alg. 7 $P_{i,j}$	Alg. 8 $P_{i,j}$
20 clients	S1	0	0	0	25,00	10,00	10,00	0	3,33
	S2	0	0	0	20,00	8,33	3,33	0	0
	S3	0	0	0	15,00	1,67	3,33	0	0
	P1	0	0	0	35,00	11,67	10,00	0	0
	P2	0	0	0	15,00	5,00	3,33	0	3,33
	P3	0	0	0	10,00	3,33	3,33	0	0
	D1	0	0	0	0	0	0	0	0
	D2	0	0	0	40	0	3,33	0	0
	D3	0	0	0	20	20	13,33	0	3,33
35 clients	S1	15,00	8,33	11,67	173,33	111,67	111,67	11,67	103,33
	S2	15,00	10,00	15,00	158,33	110,00	106,67	5,00	100,00
	S3	15,00	18,33	18,33	206,67	136,67	131,67	21,67	123,33
	P1	20	26,67	28,33	278,33	226,67	215	30	213,33
	P2	15	5	10	170	100	100	0	88,33
	P3	10	5	6,67	90	31,67	35	8,33	25
	D1	0	0	0	148,33	63,33	60	0	53,33
	D2	0	0	0	160	113,33	115	0	103,33
	D3	45	36,67	45	230	181,67	175	38,33	170
50 clients	S1	365	310	305	433,33	371,67	361,67	300	361,67
	S2	348,33	295	296,67	413,33	366,67	350	296,67	355
	S3	413,33	348,33	355	480	390	388,33	343,33	390
	P1	360	296,67	296,67	525	426,67	416,67	295	420
	P2	425	363,33	363,33	456,67	398,33	385	351,67	385
	P3	341,67	293,33	296,67	345	303,33	298,33	293,33	301,67
	D1	180	131,67	131,67	305	215	203,33	128,33	205
	D2	361,67	298,33	303,33	371,67	348,33	341,67	295	351,67
	D3	585	523,33	521,67	650	565	555	516,67	550

Tableau C.9 Moyennes de l'indicateur 10

		Alg. 1 $Z_{i,j}$	Alg. 2 $P_{i,j}$ & charge: Durée traitement	Alg. 3 $P_{i,j}$ & charge: Nombre RV	Alg. 4 $Z_{i,j}$	Alg. 5 $P_{i,j}$ & charge: Durée traitement	Alg. 6 $P_{i,j}$ & charge: Nombre RV	Alg. 7 $P_{i,j}$	Alg. 8 $P_{i,j}$
20 clients	S1	0,068	0,13	0,16	0,073	0,10	0,15	0,29	0,24
	S2	0,07	0,11	0,14	0,08	0,10	0,12	0,23	0,19
	S3	0,078	0,12	0,14	0,081	0,12	0,15	0,26	0,23
	P1	0,06	0,11	0,14	0,07	0,09	0,11	0,22	0,16
	P2	0,07	0,13	0,14	0,08	0,09	0,13	0,29	0,22
	P3	0,084	0,13	0,15	0,081	0,14	0,18	0,27	0,29
	D1	0,07	0,13	0,14	0,09	0,10	0,14	0,23	0,20
	D2	0,073	0,13	0,15	0,071	0,11	0,12	0,29	0,24
	D3	0,06	0,10	0,15	0,07	0,11	0,15	0,27	0,23
35 clients	S1	0,06	0,16	0,09	0,07	0,18	0,17	0,22	0,23
	S2	0,07	0,10	0,08	0,08	0,18	0,15	0,18	0,22
	S3	0,07	0,13	0,10	0,06	0,15	0,15	0,19	0,21
	P1	0,067	0,15	0,11	0,072	0,21	0,21	0,21	0,23
	P2	0,06	0,12	0,08	0,07	0,18	0,16	0,19	0,23
	P3	0,07	0,12	0,08	0,07	0,13	0,10	0,19	0,20
	D1	0,070	0,17	0,10	0,068	0,15	0,13	0,28	0,26
	D2	0,06	0,14	0,10	0,08	0,19	0,17	0,22	0,21
	D3	0,073	0,08	0,08	0,067	0,18	0,17	0,08	0,19
50 clients	S1	0,06	0,06	0,06	0,07	0,08	0,08	0,05	0,08
	S2	0,06	0,06	0,04	0,06	0,12	0,10	0,05	0,12
	S3	0,056	0,057	0,055	0,063	0,07	0,09	0,058	0,08
	P1	0,061	0,08	0,057	0,08	0,14	0,14	0,07	0,14
	P2	0,06	0,053	0,049	0,06	0,08	0,08	0,048	0,09
	P3	0,06	0,05	0,04	0,05	0,05	0,06	0,05	0,05
	D1	0,06	0,07	0,05	0,07	0,12	0,13	0,06	0,13
	D2	0,06	0,054	0,050	0,055	0,09	0,07	0,052	0,08
	D3	0,06	0,06	0,049	0,06	0,07	0,08	0,052	0,07

Tableau C.10 Moyennes de l'indicateur 12

		Alg. 1 Z_{ij}	Alg. 2 P_{ij} & charge: Durée traitement	Alg. 3 $P_{i,j}$ & charge: Nombre RV	Alg. 4 Z_{ij}	Alg. 5 $P_{i,j}$ & charge: Durée traitement	Alg. 6 $P_{i,j}$ & charge: Nombre RV	Alg. 7 $P_{i,j}$	Alg. 8 $P_{i,j}$
20 clients	S1	9,00	10,00	10,11	9,33	9,44	9,89	9,56	10,89
	S2	9,33	9,78	10,22	8,56	10,22	10,22	9,67	8,33
	S3	9,33	10,78	10,22	10,78	10,33	10,11	9,44	10,11
	P1	9,11	10,33	8,78	8,44	9,78	11,11	10,44	10,44
	P2	9,67	10,00	12,00	9,78	9,67	10,56	9,22	10,22
	P3	8,89	10,22	9,78	10,44	10,56	8,56	9,00	8,67
	D1	9,33	9,78	10,00	10,22	10,44	10,33	10,22	10,00
	D2	8,89	10,22	10,78	9,22	9,89	10,00	9,78	9,67
	D3	9,44	10,56	9,78	9,22	9,67	9,89	8,67	9,67
35 clients	S1	18,56	19,00	19,89	15,00	15,33	17,11	17,00	15,78
	S2	17,44	17,00	19,00	15,22	16,00	16,22	17,89	16,00
	S3	17,00	17,56	17,33	16,44	14,67	16,11	17,33	15,89
	P1	17,56	18,22	19,11	14,11	13,56	15,22	16,78	14,89
	P2	17,33	17,78	17,89	15,67	15,11	16,89	17,11	15,33
	P3	18,11	17,56	19,22	16,89	17,33	17,33	18,33	17,44
	D1	16,67	17,89	19,11	16,00	16,67	16,67	18,33	16,44
	D2	18,33	18,11	17,89	14,67	15,11	16,33	17,78	15,56
	D3	18,00	17,56	19,22	16,00	14,22	16,44	16,11	15,67
50 clients	S1	21,22	20,00	20,44	19,78	17,89	20,33	21,00	19,67
	S2	21,44	20,00	20,11	18,67	20,22	20,33	20,56	18,67
	S3	21,78	20,56	18,89	18,22	17,89	21,67	19,11	20,11
	P1	20,56	20,22	21,22	17,67	17,11	18,67	20,33	18,56
	P2	21,33	19,67	17,67	18,89	19,00	22,44	20,67	19,22
	P3	22,56	20,67	20,56	20,11	19,89	21,22	19,67	20,67
	D1	23,78	22,44	20,67	19,78	19,22	21,44	21,22	21,33
	D2	21,44	19,56	20,11	18,44	20,00	21,00	20,89	19,11
	D3	19,22	18,56	18,67	18,44	16,78	19,89	18,56	18,00

Tableau C.11 Moyennes de l'indicateur 13

		Alg. 1 $Z_{i,j}$	Alg. 2 $P_{i,j}$ & charge: Durée traitement	Alg. 3 $P_{i,j}$ & charge: Nombre RV	Alg. 4 $Z_{i,j}$	Alg. 5 $P_{i,j}$ & charge: Durée traitement	Alg. 6 $P_{i,j}$ & charge: Nombre RV	Alg. 7 $P_{i,j}$	Alg. 8 $P_{i,j}$
20 clients	S1	3,11	2,22	3,67	3,00	2,56	4,78	3,11	1,89
	S2	3,00	2,78	2,00	3,67	2,67	2,56	2,33	3,11
	S3	3,11	2,89	2,78	2,89	2,33	3,67	1,67	3,00
	P1	2,89	3,00	3,22	3,00	1,78	5,00	2,89	2,67
	P2	2,33	2,67	2,56	3,56	2,67	2,78	1,78	2,78
	P3	4,00	2,22	2,67	3,00	3,11	3,22	2,44	2,56
	D1	3,22	3,89	3,33	3,00	2,11	4,44	2,22	3,44
	D2	2,89	1,67	2,33	2,89	3,33	3,56	2,33	2,33
	D3	3,11	2,33	2,78	3,67	2,11	3,00	2,56	2,22
35 clients	S1	6,11	6,11	2,89	4,33	4,22	3,44	5,22	4,00
	S2	6,00	4,56	4,78	4,00	5,56	3,78	8,00	5,11
	S3	5,22	5,00	5,89	3,56	5,33	5,89	4,56	5,67
	P1	6,00	5,22	5,00	4,00	4,33	2,78	4,56	4,89
	P2	6,11	6,44	3,78	4,22	4,44	4,67	8,33	5,33
	P3	5,22	4,00	4,78	3,67	6,33	5,67	4,89	4,56
	D1	7,89	6,78	6,56	4,89	4,22	3,56	5,78	4,22
	D2	5,56	6,11	3,00	4,22	3,78	5,78	6,78	5,33
	D3	3,89	2,78	4,00	2,78	7,11	3,78	5,22	5,22
50 clients	S1	5,78	8,00	6,78	5,33	7,44	5,89	3,78	7,67
	S2	5,11	4,78	4,33	7,44	4,00	6,11	5,78	3,89
	S3	5,44	4,56	4,67	6,89	6,11	4,56	6,89	4,22
	P1	5,67	3,67	5,44	5,33	5,67	6,11	5,00	4,89
	P2	6,22	7,44	5,22	8,00	5,33	5,11	6,11	5,44
	P3	4,44	6,22	5,11	6,33	6,56	5,33	5,33	5,44
	D1	6,78	7,33	6,00	7,22	5,44	4,89	5,22	6,44
	D2	5,56	5,00	5,11	7,22	5,78	4,78	6,00	7,11
	D3	4,00	5,00	4,67	5,22	6,33	6,89	5,22	2,22

Tableau C.12 Moyennes de l'indicateur 14

		Alg. 1 $Z_{i,j}$	Alg. 2 $P_{i,j}$ & charge: Durée traitement	Alg. 3 $P_{i,j}$ & charge: Nombre RV	Alg. 4 $Z_{i,j}$	Alg. 5 $P_{i,j}$ & charge: Durée traitement	Alg. 6 $P_{i,j}$ & charge: Nombre RV	Alg. 7 $P_{i,j}$	Alg. 8 $P_{i,j}$
20 clients	S1	0,51	0,79	0,83	0,35	0,67	0,81	1,39	1,23
	S2	0,61	0,76	0,69	0,37	0,77	0,74	1,20	1,08
	S3	0,57	0,90	0,88	0,45	0,84	0,81	1,40	1,18
	P1	0,62	0,74	0,80	0,41	0,76	0,74	1,08	0,82
	P2	0,55	0,89	0,80	0,39	0,81	0,78	1,53	1,17
	P3	0,52	0,81	0,80	0,38	0,71	0,84	1,39	1,49
	D1	0,60	1,01	0,88	0,38	0,81	0,83	1,43	1,30
	D2	0,49	0,75	0,75	0,29	0,68	0,78	1,29	1,06
	D3	0,59	0,68	0,77	0,51	0,79	0,75	1,28	1,13
35 clients	S1	0,72	1,14	0,81	0,61	0,91	0,84	1,30	1,12
	S2	0,70	1,02	0,79	0,51	1,06	0,86	1,19	1,14
	S3	0,80	1,01	0,90	0,72	1,04	0,92	1,15	1,07
	P1	0,71	1,00	0,82	0,61	1,06	1,02	1,23	1,04
	P2	0,84	1,01	0,87	0,59	1,06	0,85	1,31	1,22
	P3	0,67	1,16	0,81	0,65	0,89	0,76	1,11	1,07
	D1	0,79	1,21	0,87	0,50	1,04	0,82	1,45	1,36
	D2	0,69	1,10	0,80	0,69	1,03	0,91	1,28	1,01
	D3	0,74	0,86	0,83	0,66	0,95	0,89	0,92	0,96
50 clients	S1	0,79	0,95	0,98	0,74	0,89	0,83	0,88	0,85
	S2	0,77	0,74	0,84	0,67	1,03	0,92	0,87	1,02
	S3	0,66	1,10	1,05	0,80	0,77	0,88	1,12	0,78
	P1	0,69	1,08	1,05	0,75	1,00	0,96	1,10	0,94
	P2	0,81	0,88	0,91	0,79	0,93	0,83	0,87	0,91
	P3	0,72	0,83	0,91	0,66	0,75	0,84	0,90	0,80
	D1	0,83	1,13	1,10	0,75	1,06	1,01	1,05	0,99
	D2	0,70	0,89	0,95	0,72	0,88	0,85	0,93	0,92
	D3	0,70	0,77	0,81	0,72	0,76	0,77	0,89	0,74

Tableau C.13 Moyennes de l'indicateur 15

		Alg. 1 Z_{ij}	Alg. 2 P_{ij} & charge: Durée traitement	Alg. 3 P_{ij} & charge: Nombre RV	Alg. 4 Z_{ij}	Alg. 5 P_{ij} & charge: Durée traitement	Alg. 6 P_{ij} & charge: Nombre RV	Alg. 7 P_{ij}	Alg. 8 P_{ij}
20 clients	S1	0,56	0,93	0,96	0,42	0,72	0,87	1,69	1,43
	S2	0,57	0,81	0,76	0,49	0,77	0,73	1,34	1,17
	S3	0,53	0,81	0,84	0,42	0,80	0,85	1,48	1,27
	P1	0,56	0,74	0,86	0,42	0,70	0,78	1,32	1,04
	P2	0,54	0,99	0,84	0,45	0,74	0,76	1,70	1,30
	P3	0,57	0,82	0,86	0,45	0,85	0,90	1,49	1,54
	D1	0,57	1,00	0,86	0,46	0,78	0,79	1,59	1,32
	D2	0,46	0,82	0,88	0,38	0,71	0,79	1,57	1,38
	D3	0,63	0,73	0,82	0,49	0,79	0,86	1,34	1,18
35 clients	S1	0,73	1,27	0,68	0,54	1,25	1,02	1,46	1,37
	S2	0,71	1,11	0,58	0,57	1,09	0,83	1,35	1,27
	S3	0,67	0,99	0,67	0,61	1,08	0,89	1,25	1,38
	P1	0,72	1,13	0,64	0,47	1,15	1,12	1,32	1,25
	P2	0,62	1,14	0,69	0,66	1,16	0,91	1,39	1,43
	P3	0,77	1,09	0,60	0,59	1,10	0,72	1,34	1,33
	D1	0,60	1,36	0,61	0,53	1,15	0,79	1,83	1,65
	D2	0,73	1,02	0,56	0,57	1,10	0,89	1,30	1,19
	D3	0,79	0,98	0,77	0,61	1,17	1,07	0,93	1,18
50 clients	S1	0,79	0,87	0,96	0,82	1,02	1,06	0,86	1,02
	S2	0,89	0,92	0,72	0,70	0,94	0,95	0,75	0,93
	S3	0,85	0,98	0,89	0,80	0,92	1,03	0,95	0,83
	P1	0,84	1,00	0,77	0,83	1,16	1,07	0,96	1,04
	P2	0,75	0,95	0,95	0,84	0,96	1,04	0,86	0,99
	P3	0,93	0,82	0,84	0,65	0,76	0,94	0,73	0,75
	D1	0,93	1,00	0,96	0,69	0,97	1,02	0,97	0,98
	D2	0,85	1,08	0,98	0,85	1,16	1,15	0,89	1,03
	D3	0,74	0,69	0,63	0,78	0,75	0,88	0,69	0,77

Tableau C.14 Moyennes de l'indicateur 16

		Alg. 1 $Z_{i,j}$	Alg. 2 $P_{i,j}$ & charge: Durée traitement	Alg. 3 $P_{i,j}$ & charge: Nombre RV	Alg. 4 $Z_{i,j}$	Alg. 5 $P_{i,j}$ & charge: Durée traitement	Alg. 6 $P_{i,j}$ & charge: Nombre RV	Alg. 7 $P_{i,j}$	Alg. 8 $P_{i,j}$
20 clients	S1	1,13	1,34	1,31	1,09	1,27	1,28	1,87	1,62
	S2	0,97	1,02	1,10	1,00	1,10	1,14	1,38	1,33
	S3	0,90	1,09	1,15	0,98	0,97	0,94	1,15	0,98
	P1	1,07	1,05	1,11	1,00	1,19	1,13	1,37	1,17
	P2	0,95	1,19	1,19	1,10	1,08	1,07	1,53	1,25
	P3	0,97	1,20	1,26	0,97	1,08	1,16	1,51	1,51
	D1	0,96	1,02	1,07	1,11	1,10	1,15	1,49	1,39
	D2	0,97	1,29	1,26	0,91	1,09	1,17	1,53	1,24
	D3	1,06	1,13	1,23	1,05	1,16	1,05	1,39	1,30
35 clients	S1	1,74	2,17	2,14	1,49	1,74	1,62	2,30	1,86
	S2	1,18	1,44	1,47	1,35	1,62	1,45	1,52	1,56
	S3	1,39	1,69	1,75	1,18	1,40	1,45	1,74	1,53
	P1	1,42	1,54	1,65	1,42	1,43	1,47	1,52	1,40
	P2	1,32	2,04	1,99	1,20	1,61	1,46	2,09	1,75
	P3	1,58	1,72	1,72	1,40	1,71	1,59	1,95	1,81
	D1	1,50	1,97	2,02	1,29	1,58	1,45	2,10	1,73
	D2	1,50	1,84	1,84	1,44	1,76	1,71	1,94	1,77
	D3	1,31	1,49	1,50	1,29	1,40	1,35	1,51	1,46
50 clients	S1	1,71	2,06	2,02	1,62	1,85	1,86	2,11	1,85
	S2	1,49	1,94	1,85	1,40	1,61	1,60	1,93	1,54
	S3	1,43	1,94	1,88	1,48	1,90	1,84	1,97	2,05
	P1	1,37	1,85	1,74	1,37	1,86	1,82	1,86	1,97
	P2	1,74	2,05	2,02	1,57	1,82	1,86	2,11	1,81
	P3	1,52	2,03	1,98	1,56	1,70	1,62	2,05	1,66
	D1	1,42	2,19	2,01	1,40	2,00	1,88	2,12	2,06
	D2	1,65	1,81	1,84	1,59	1,77	1,82	1,91	1,79
	D3	1,56	1,94	1,90	1,51	1,61	1,61	1,98	1,60

Tableau C.15 Moyennes de l'indicateur 17

		Alg. 1 $Z_{i,j}$	Alg. 2 $P_{i,j}$ & charge: Durée traitement	Alg. 3 $P_{i,j}$ & charge: Nombre RV	Alg. 4 $Z_{i,j}$	Alg. 5 $P_{i,j}$ & charge: Durée traitement	Alg. 6 $P_{i,j}$ & charge: Nombre RV	Alg. 7 $P_{i,j}$	Alg. 8 $P_{i,j}$
20 clients	S1	1,00	1,23	1,23	1,01	0,91	0,96	1,24	1,05
	S2	1,10	1,35	1,40	0,91	1,08	1,07	1,69	1,13
	S3	0,79	1,32	1,33	0,85	1,02	1,13	1,90	1,54
	P1	0,94	1,33	1,32	0,81	1,07	1,13	1,56	1,21
	P2	1,06	1,40	1,41	0,97	0,88	0,95	1,76	1,13
	P3	0,89	1,17	1,24	0,98	1,06	1,08	1,51	1,38
	D1	1,01	1,35	1,35	1,01	1,02	1,08	1,65	1,20
	D2	0,95	1,47	1,42	0,83	1,08	1,08	1,80	1,45
	D3	0,93	1,07	1,20	0,93	0,90	1,00	1,38	1,07
35 clients	S1	1,76	2,25	2,12	1,47	1,57	1,52	2,18	1,55
	S2	1,35	2,27	1,97	1,41	1,52	1,58	2,39	1,70
	S3	0,87	1,74	1,35	0,95	1,45	1,25	2,02	1,64
	P1	1,30	2,11	1,86	1,27	1,40	1,36	2,32	1,41
	P2	1,29	2,12	1,89	1,21	1,55	1,56	2,22	1,71
	P3	1,39	2,03	1,68	1,35	1,60	1,44	2,05	1,77
	D1	1,26	2,41	1,90	1,12	1,48	1,48	2,61	1,83
	D2	1,48	2,04	1,67	1,31	1,52	1,38	2,16	1,52
	D3	1,23	1,80	1,87	1,39	1,54	1,49	1,82	1,55
50 clients	S1	1,86	2,32	2,27	1,59	1,67	1,71	2,33	1,69
	S2	1,77	2,43	2,50	1,64	1,51	1,55	2,49	1,55
	S3	1,33	1,51	1,47	1,20	1,30	1,21	1,58	1,32
	P1	1,35	1,95	1,92	1,23	1,30	1,36	2,03	1,38
	P2	1,90	2,21	2,20	1,51	1,34	1,42	2,26	1,41
	P3	1,72	2,09	2,12	1,69	1,84	1,68	2,11	1,76
	D1	1,79	2,38	2,41	1,18	1,68	1,60	2,47	1,66
	D2	1,58	2,08	2,01	1,68	1,50	1,47	2,05	1,45
	D3	1,59	1,80	1,82	1,56	1,31	1,39	1,87	1,44

Tableau C.16 Moyennes de l'indicateur 18

		Alg. 1 $Z_{i,j}$	Alg. 2 $P_{i,j}$ & charge: Durée traitement	Alg. 3 $P_{i,j}$ & charge: Nombre RV	Alg. 4 $Z_{i,j}$	Alg. 5 $P_{i,j}$ & charge: Durée traitement	Alg. 6 $P_{i,j}$ & charge: Nombre RV	Alg. 7 $P_{i,j}$	Alg. 8 $P_{i,j}$
20 clients	S1	0,77	1,09	1,15	0,90	0,81	1,00	1,36	1,45
	S2	0,65	0,98	1,01	0,82	0,85	0,85	1,23	1,02
	S3	0,71	0,88	0,86	0,71	0,93	0,87	1,33	1,31
	P1	0,76	1,00	1,00	0,85	0,91	0,96	1,13	1,18
	P2	0,68	0,99	1,00	0,72	0,81	0,92	1,34	1,19
	P3	0,69	0,98	1,05	0,87	0,87	0,83	1,47	1,43
	D1	0,82	1,06	1,19	0,81	0,92	0,92	1,58	1,31
	D2	0,65	0,96	0,92	0,80	0,81	0,84	1,26	1,31
	D3	0,71	0,99	0,97	0,85	0,87	0,98	1,06	1,18
35 clients	S1	0,98	1,13	1,09	1,17	1,36	1,15	1,34	1,48
	S2	1,15	1,32	1,12	1,10	1,10	1,22	1,43	1,33
	S3	0,92	1,19	0,97	1,01	1,01	0,99	1,23	1,05
	P1	1,00	1,22	1,09	1,23	1,08	1,02	1,30	1,08
	P2	1,12	1,26	1,16	1,02	1,32	1,16	1,40	1,43
	P3	0,93	1,17	0,92	1,03	1,06	1,18	1,30	1,35
	D1	1,02	1,42	0,96	0,98	1,04	1,06	1,57	1,42
	D2	0,99	1,24	1,10	1,13	1,26	1,24	1,31	1,42
	D3	1,05	0,99	1,11	1,17	1,17	1,06	1,11	1,03
50 clients	S1	1,27	1,21	1,20	1,13	1,32	1,30	1,18	1,22
	S2	1,10	1,05	0,97	1,23	1,26	1,23	0,89	1,30
	S3	1,37	1,20	1,19	1,21	1,25	1,19	1,23	1,14
	P1	1,20	1,13	1,04	1,12	1,23	1,23	1,03	1,19
	P2	1,19	1,21	1,21	1,18	1,34	1,25	1,16	1,29
	P3	1,33	1,17	1,16	1,28	1,26	1,24	1,15	1,22
	D1	1,36	1,27	1,24	1,29	1,59	1,41	1,22	1,49
	D2	1,04	1,02	1,02	1,08	1,17	1,14	0,96	1,15
	D3	1,36	1,33	1,27	1,31	1,13	1,21	1,29	1,13